

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS



CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA TEXTIL**

TEMA:

**“OBTENCIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR EN BASE A GRAFENO POR EL
MÉTODO DE ESTAMPACIÓN”**

AUTORA:

ALEXANDRA PATRICIA GUACALES REINOSA

DIRECTOR:

Msc. EDWIN ARMANDO ROSERO ROSERO

Ibarra – Ecuador

2018 - 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040178635-5
APELLIDOS Y NOMBRES:	GUACALES REINOSA ALEXANDRA PATRICIA
DIRECCIÓN:	MIRA, NARCHÍN Y MIRA Y PANAMERICANA NORTE
E-MAIL:	apguacalesr@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL: 062-280-215-0999727337
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“OBTENCIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR EN BASE A GRAFENO POR EL MÉTODO DE ESTAMPACIÓN”
AUTOR:	GUACALES REINOSA ALEXANDRA PATRICIA
FECHA:	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA TEXTIL
ASESOR/DIRECTOR:	Msc. EDWIN ROSERO

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra, objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, julio de 2019

LA AUTORA

Firma

Nombre: Guacales Reinosa Alexandra Patricia



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Alexandra Patricia Guacales Reinoso, con cédula de identidad No. 040178635-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los Derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“OBTENCIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR EN BASE A GRAFENO POR EL MÉTODO DE ESTAMPACIÓN”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de INGENIERA TEXTIL, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, julio del 2019

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alexandra', written over a horizontal line.

Nombre: Guacales Reinoso Alexandra Patricia
Cédula: 040178635-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Alexandra Patricia Guacales Reinosa, con cédula de identidad No.040178635-5, declaro bajo juramento que el trabajo de grado con el tema **“OBTENCIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR EN BASE A GRAFENO POR EL MÉTODO DE ESTAMPACIÓN”** corresponde a mi autoría, y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y Normatividad vigente de la misma.

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alexandra', is written over a faint circular stamp.

Nombre: Guacales Reinosa Alexandra Patricia

Cédula: 040178635-5

Ibarra, julio del 2019




UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Msc. Edwin Rosero Director de la Tesis de Grado desarrollada por la señorita Estudiante Alexandra Patricia Guacales Reinoso.

CERTIFICA

Que el proyecto de Tesis de grado con el Título **“OBTENCIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR EN BASE A GRAFENO POR EL MÉTODO DE ESTAMPACIÓN”**, ha sido realizado en su totalidad por la señorita estudiante Alexandra Patricia Guacales Reinoso bajo mi dirección, para obtener el título de Ingeniería Textil. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluido en su totalidad y cumple con todos las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Textil, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.


Msc. Edwin Rosero
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Con amor y cariño mi tesis se la dedico a mi familia, de manera especial a mis padres Armando y Nelly por ser mi inspiración, apoyo y ejemplo de amor, paciencia y esfuerzo diario durante todos estos años a fin de lograr un sueño tan anhelado, siempre orgullosa y privilegiada de ser su hija, son los mejores padres y les agradezco eternamente la vida dada y sus enseñanzas.

Dedico también a mi ñaña Nati, mis ñaños Danny y Cristian y a mi sobrinito Mateo por estar siempre presentes en todos esos momentos compartidos en familia apoyándonos y alegrándonos en todas las etapas de nuestras vidas. Es una bendición llevar la misma sangre porque sé que todos lograremos cumplir nuestros sueños que una vez compartimos. Nunca olviden que los amo mucho. ¡Gracias papitos y ñaños, logramos cumplir un sueño más!

¡Vamos por muchos más!

Alexandra P. Guacales Reinoso



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida misma y por bendecirme con unos padres extraordinarios que han sabido cuidar de mí y mis hermanos con su ejemplo de vida y principios.

A la Universidad Técnica del Norte por abrirme las puertas y a la Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas por todos sus catedráticos que para mí se transformaron en pilares fundamentales del maravilloso mundo del aprendizaje, por su sabiduría y profesionalismo, gracias por todas sus enseñanzas, motivaciones y correcciones, en especial al Magíster Edwin Rosero por guiarme con sus conocimientos en el transcurso de esta investigación, al Ingeniero Elvis Ramírez, Magíster Omar Lara, Magíster Willam Esparza e Ingeniero José Posso por su apoyo incondicional durante mi etapa estudiantil y por haberme facilitado los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Finalmente, agradezco de corazón a todos mis amigos por su apoyo incondicional, motivación, cariño y alegrías compartidas durante mi vida estudiantil y desarrollo de mi trabajo de grado, en especial a David Morillo que sin esperar nada a cambio me brindó su apoyo en todo momento, hasta llegar a la culminación exitosa de este trabajo de investigación. A todas y todos, millón gracias. Viviré eternamente agradecida por su existencia y por ser mis ángeles en la tierra a fin de dar un brillo especial a todos mis días.

Alexandra P. Guacales Reinos

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	III
DECLARACIÓN.....	IV
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
PROBLEMA.....	XIX
OBJETIVOS	XIX
Objetivo General.....	XIX
Objetivos Específicos.....	XIX
JUSTIFICACIÓN	XX
CAPÍTULO I	1
1. TEJIDO DE PUNTO	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Tejido de Punto.....	1
1.3. Tipos de Tejidos de Punto	2
1.3.1 Género de Punto por Trama	2
1.3.2. Género de Punto por Urdimbre	2
1.3.3. Tejido de Punto (hilos de algodón)	3
1.3.3.1. Composición Química de las Fibras de CO	4
1.3.3.2. Características Principales del Algodón.....	5
1.3.4. Tejido de Punto (mezcla de hilos poliéster/algodón).....	6
1.3.5. Tejido de Punto (hilos de poliéster)	7
1.3.5.1. Composición Química de las Fibras de PES.....	7
1.3.5.2. Características Principales del Poliéster.....	8
1.4. Comparación de propiedades de las fibras textiles.....	9
CAPÍTULO II.....	10
2. TEXTILES INTELIGENTES.....	10

2.1.	Generalidades	10
2.2.	Definiciones.....	10
2.3.	Categorías de los Textiles Inteligentes	12
2.4.	Clases de textiles inteligentes	12
2.4.1.	Textiles que incorporan microcápsulas	13
2.4.1.1.	Cosmetotextiles	14
2.4.2.	Textiles Crómicos o camaleónicos.....	14
2.4.3.	Materiales con memoria de forma.....	15
2.4.4.	Desarrollos que incorporan la electrónica y la informática a los textiles.....	15
2.4.5.	Nanotecnologías	17
2.4.6.	Otros desarrollos	18
2.4.7.	Tejido Conductor.....	19
2.4.7.1.	Obtención de un tejido conductor	19
2.4.7.2.	Características	20
Conductividad.....		20
Resistividad Eléctrica.....		20
Ley de Ohm.....		20
Ohm (Ω).....		21
Voltaje.....		21
CAPÍTULO III.....		22
3.	GRAFENO.....	22
3.1.	Generalidades	22
3.2.	Concepto de Grafeno	23
3.3.	Obtención del grafeno	23
3.4.	Propiedades del grafeno.....	24
3.4.1.	Conductividad eléctrica del grafeno.....	25
3.4.2.	Conductividad Térmica	26
3.4.3.	Resistencia Mecánica	27
3.4.4.	Otras propiedades de interés	28
3.5.	La Nanotecnología.....	29
CAPÍTULO IV.....		30
4.	ACABADOS TEXTILES	30
4.1.	Generalidades	30
4.2.	Definición	30
4.3.	Factores de los que depende el Acabado Textil	30
4.4.	Clasificación de los Acabados Textiles	31
4.4.1.	Según el tipo de Tejido.....	31

4.4.2.	Según el tipo de Proceso	31
4.4.3.	Según las características adquiridas	32
4.5.	Tipos de Acabados.....	32
4.6.	Estampado o Recubrimiento textil	34
4.6.1.	Concepto de método.....	34
4.6.2.	Propiedades del estampado	34
	Según las fibras	34
	Según los hilos	34
	Según la construcción de la tela.....	35
4.6.3.	Estampado o Recubrimiento con Grafeno	35
4.6.3.1.	Productos y auxiliares en el proceso	36
	Polvo de grafeno polar N008-P-40	36
	Pasta Madre.....	38
	Componentes de la pasta madre.....	38
CAPÍTULO V.....		39
5.	PRUEBAS.....	39
5.1.	Pruebas preliminares.....	39
5.1.1.	Procedimiento de estampado preliminar	39
5.1.1.1.	Instrumentos y equipos utilizados en el proceso	39
5.1.1.2.	Curva del proceso pruebas preliminares	40
5.1.1.3.	Flujograma del proceso pruebas preliminares.....	41
5.1.2.	Variables en el proceso	42
5.1.1.	Concentración al 10% - Prueba Preliminar 1	42
5.1.1.	Concentración al 5% - Prueba Preliminar 2	43
5.1.2.	Concentración al 1% - Prueba Preliminar 3	44
5.1.3.	Concentración al 3% - Prueba Preliminar 4.....	45
5.1.4.	Análisis de resultados de pruebas preliminares.....	46
5.2.	PRUEBAS FINALES.....	47
5.2.1.	Proceso definitivo de estampado conductor.....	47
5.2.1.1.	Flujo de proceso de estampado final	48
5.2.1.2.	Curva de Proceso pruebas finales.....	49
5.2.2.	Concentración al 3% - Prueba Final 1.....	49
5.2.3.	Concentración al 5% - Prueba Final 2.....	50
5.2.4.	Concentración al 10% - Prueba Final 3.....	50
CAPÍTULO VI.....		51
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	51
6.1.	Tejido conductor.....	51

6.1.1.	Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica inicial	51
6.1.2.	Análisis de Conductividad	52
6.1.3.	Análisis de Resistencia Eléctrica Superficial	52
6.2.	Pruebas de Solidez al lavado norma técnica AATCC 61 (adaptada)	53
6.2.1.	Tablas de resultados de pruebas de lavado en tejidos al 3% de grafeno	54
	Tejido 100% algodón	54
	Tejido mezcla poliéster/algodón al 3%	54
	Tejido poliéster/lycra al 3%	55
6.2.2.	Tablas de resultados de pruebas de lavado en tejidos al 5% de grafeno	56
	Tejido 100% algodón al 5%	56
	Tejido mezcla poliéster/algodón al 5%	57
	Tejido poliéster/lycra al 5%	58
6.2.3.	Tablas de resultados de pruebas de lavado en tejidos al 10% de grafeno	59
	Tejido 100% algodón al 10%	59
	Tejido mezcla poliéster/algodón al 10%	60
	Tejido poliéster al 10%	60
6.2.4.	Análisis de Resistencia Eléctrica Superficial al Lavado	61
6.3.	Tabla de Resultados de Resistencia a la abrasión.....	64
6.3.1.	Análisis de Resistencia a la abrasión.....	65
CAPÍTULO VII		67
7.	COSTOS	67
7.1.	Análisis de Costos	67
7.2.1.	Costos directos de acabado con una concentración al 3%	67
7.2.2.	Costos directos de acabado con una concentración al 5%	69
7.2.3.	Costos directos de acabado con una concentración al 10%	70
7.4.	Costo por metro cuadrado con el acabado.....	72
CONCLUSIONES		73
RECOMENDACIONES		75
BIBLIOGRAFÍA		77
ANEXOS		80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista ampliada de un género de punto (jersey)	1
Figura 2. Tejido de Punto por Trama.....	2
Figura 3. Tejido de Punto por Urdimbre.....	3
Figura 4. Estructura Química de la celulosa	4
Figura 5. Microfotografías de fibras de CO, en vistas transversal y longitudinal (der.)	5
Figura 6. Estructura Molecular del PET	8
Figura 7. Estructura de un tejido con microcápsula de Aloe Vera	13
Figura 8. Textiles crómicos en función al estímulo al que responden.....	14
Figura 9. Membrana del material Diaplex por debajo de la temperatura de activación (izquierda) y por encima de ésta (derecha).	15
Figura 10. Tejidos Luminiscentes (izquierda) y Tejido con LEDs integrados, de Phillips (derecha)	17
Figura 11. Las propiedades autolimpiadoras e hidrófobas de los textiles fabricados por el procedimiento nanotecnológico denominado Effet-Lotus®.....	18
Figura 12. Hilo Protex Ag (Carolina Silver Technologies) recubierto de plata	20
Figura 13. Estructura del grafeno.....	22
Figura 14. Posicionamiento de las bandas de energía de los materiales según su conductividad	26
Figura 15. Idealización de microscopio de fuerza atómica presionando sobre una hoja de grafeno para obtener su límite elástico	27
Figura 16. Dispositivo flexible y transparente de grafeno	29
Figura 17. Tipos de Acabados Textiles.....	33
Figura 18. Vista nanométrica de Polvo de Grafeno Polar	37
Figura 19. Curva del Proceso de Estampado	40
Figura 20. Flujograma de Proceso de Recubrimiento – Pruebas preliminares	41
Figura 21. Flujo de proceso de Estampado Final.....	48
Figura 22. Curva de proceso de estampado final	49
Figura 23. Histograma de Resistencia eléctrica superficial inicial	53
Figura 24. Histograma resistencia eléctrica en poliéster/lycra al 5% - Al lavado	63
Figura 25. Histograma resistencia eléctrica en muestras al 10% - Al Lavado	64
Figura 26. Histograma Resistencia a la abrasión al 10% - Abrasión.....	66
Figura 27. Histograma Resistencia a la abrasión al 5%	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición Química CO.....	4
Tabla 2 Comparación de Propiedades de las Fibras Textiles	9
Tabla 3 Especificaciones de Grafeno.....	37
Tabla 4 Componentes de la pasta madre.....	38
Tabla 5 Instrumentos y equipos utilizados en el proceso de recubrimiento	40
Tabla 6 Prueba Preliminar 1 al 10% de concentración	42
Tabla 7 Prueba Preliminar 2 al 5% de concentración	43
Tabla 8 Prueba Preliminar 3 al 1% de concentración	44
Tabla 9 Prueba Preliminar 4 al 3% de concentración	45
Tabla 10 Resultado y Análisis pruebas preliminares	46
Tabla 11 Prueba Final 1 - Recubrimiento con grafeno al 3%.....	49
Tabla 12 Prueba Final 2 - Recubrimiento con grafeno al 5%	50
Tabla 13 Prueba Final 3 - Recubrimiento con grafeno al 10%	50
Tabla 14 Resultados Resistencia y Conductividad eléctrica inicial – Pruebas finales	51
Tabla 15 Análisis de resultado de conductividad – Pruebas Finales	52
Tabla 16 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en CO al 3% - Pruebas de Lavado....	54
Tabla 17 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/CO al 3% - Pruebas de Lavado.....	55
Tabla 18 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/lycra al 3% - Pruebas de Lavado.....	56
Tabla 19 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en CO al 5% - Pruebas de Lavado....	56
Tabla 20 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/CO al 5% - Pruebas de Lavado.....	57
Tabla 21 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/lycra al 5% - Pruebas de Lavado.....	58
Tabla 22 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en CO al 10% - Pruebas de Lavado ..	59
Tabla 23 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/CO al 10% - Pruebas de lavado	60
Tabla 24 Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/lycra al 10% - Pruebas de lavado	61
Tabla 25 Síntesis de Resultados de Resistencia eléctrica – Pruebas de lavado	62

Tabla 26 Resistencia Eléctrica superficial-Resistencia a la abrasión	65
Tabla 27 Costos Directos Pes/lycra 3% de grafeno	67
Tabla 28 Costos Directos Co 3% de grafeno	68
Tabla 29 Costos Directos Pes/Co 3% de grafeno	68
Tabla 30 Costos Directos Pes/lycra al 5% de grafeno	69
Tabla 31 Costos Directos Co al 5% de grafeno	69
Tabla 32 Costos directos Pes/Co al 5% de grafeno	70
Tabla 33 Costos directos Pes/lycra al 10% de grafeno	70
Tabla 34 Costos Directos Co al 10% de grafeno	71
Tabla 35 Costos Directos Pes/Co al 10% de grafeno	71
Tabla 36 Costos Indirectos para acabado conductor en Tejido de Punto Jersey	72
Tabla 37 Costo Total m^2 de tejido con el acabado conductor	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Medición de resistencia eléctrica superficial en 100% CO al 3%	80
Anexos 2. Medición de voltaje de salida en 100% CO al 3% igual a cero	80
Anexos 3. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 3%	80
Anexos 4. Medición de voltaje de salida en PES/CO al 3% igual a cero	81
Anexos 5. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 3%	81
Anexos 6. Medición de voltaje de salida en PES al 3% igual a cero	81
Anexos 7. Medición de resistencia eléctrica superficial en CO 5%	82
Anexos 8. Medición de voltaje de salida en CO al 5% igual a cero.....	82
Anexos 9. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 5%	82
Anexos 10. Medición de voltaje de salida en PES/CO al 5% igual a cero.....	83
Anexos 11. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Sin lavar	83
Anexos 12. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 1	83
Anexos 13. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 2	84
Anexos 14. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 3	84
Anexos 15. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 4	84
Anexos 16. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 5	85
Anexos 17. Voltaje de batería de entrada para pruebas.....	85
Anexos 18. Medición de voltaje de salida en PES al 5% antes de lavar	86
Anexos 19. Medición de voltaje de salida en PES al 5% luego del 5 lavado.....	86
Anexos 20. Medición de resistencia eléctrica superficial en CO al 10% - Sin lavar	87
Anexos 21. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado1.....	87
Anexos 22. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 2.....	87
Anexos 23. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 3.....	88
Anexos 24. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 4.....	88
Anexos 25. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 5.....	88
Anexos 26. Medición de voltaje de salida en CO al 10% sin lavar.....	89
Anexos 27. Voltaje de batería de entrada para pruebas al 5 lavado	89
Anexos 28. Medición de voltaje de salida en CO al 10% luego del lavado 5	89
Anexos 29. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Sin lavar	90
Anexos 30. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado1	90
Anexos 31. Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 2.....	90
Anexos 32. Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 3.....	91

Anexos 33. Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 4.....	91
Anexos 34. Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 5.....	91
Anexos 35. Medición de voltaje de salida en PES/CO al 10%. - Sin lavar.....	92
Anexos 36. Medición de voltaje de salida en PES/CO al 10%. - Lavado 5	92
Anexos 37. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Sin lavar	92
Anexos 38. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 1	93
Anexos 39. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 2	93
Anexos 40. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 3	93
Anexos 41. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 4	94
Anexos 42. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 5	94
Anexos 43. Medición de voltaje de salida en PES al 10%. - Sin lavar	94
Anexos 44. Medición de voltaje de salida PES al 10% - Lavado 5.....	95
Anexos 45. Resistencia Eléctrica Superficial Co 10% -5000 frotos.....	95
Anexos 46. Resistencia Eléctrica Superficial Pes 5% -5000 frotos.....	95
Anexos 47. Resistencia Eléctrica Superficial Pes 10% -5000 frotos.....	96
Anexos 48. Resistencia Eléctrica Superficial Pes/Co 10% - 5000 frotos	96
Anexos 49. Tensionado de malla para bastidor de estampado	96
Anexos 50. Preparación de la pasta de estampado conductor	97
Anexos 51. Preparación del tejido jersey para estampar	97
Anexos 52. Estampado y secado de tejido estampado con grafeno	98
Anexos 53. Pruebas de Conductividad	98

RESUMEN

En los últimos años, la industria textil ha realizado una constante evolución en el campo de investigaciones de los textiles inteligentes, con la finalidad de buscar nuevas alternativas para el mundo textil, mismas que aporten con el constante desarrollo y progreso de este importante campo industrial.

El limitado número de investigaciones de esta índole en el Ecuador, motiva a desarrollar nuevas alternativas de tejidos que respondan ante las necesidades del cuerpo humano o ante el medio al que está expuesto, en esta investigación se obtiene un tejido conductor con el recubrimiento de nanopartículas de grafeno, a fin de evitar el uso de cableado en las diferentes aplicaciones de los distintos componentes electrónicos que se incorporan a los textiles inteligentes, los mismos que no alteren la naturaleza de la prenda, mantengan su flexibilidad y brinden confort a los usuarios.

De igual manera en la investigación primeramente se desarrolla el uso de nanomateriales y sus aplicaciones para de esta manera determinar el proceso óptimo de estampado para la obtención de resultados positivos compatibles con los productos a usar en el proceso, de cierto modo se plantea dos variables para conocer su reacción ante las diferentes pruebas, siendo la composición del tejido y el porcentaje de concentración de grafeno.

El uso del tejido conductor en base a grafeno por el método de estampación es un camino para realizar investigaciones de textiles inteligentes que aporten con diferentes funcionalidades como: comunicación, electroluminiscencia, monitorización, calefacción y significativamente para lograr la transmisión de datos que detecten disfuncionalidades en los sistemas de las personas.

Palabras Clave: Tejido conductor, textiles inteligentes, grafeno, estampado

ABSTRACT

In recent years, the textile industry has made a constant evolution in the research field of smart textiles, looking for new alternatives for the textile world, which can contribute to development and progress of this important field.

The limited number of this researches in Ecuador, encourages the development of new knitting alternatives suiting the needs of the human body or the environment to which it is exposed. In this research a conductive knitting with a graphene coating of nanoparticles is created to avoid the use of wiring in the different applications of different electronic components incorporated into smart textiles, maintaining its flexibility and comfort.

In this research, firstly, the use of nanomaterials and their applications is developed to determine the optimal stamping process to obtain positive results compatible with the products to be used in the process, two variables are proposed to know their reaction to the different tests, which are; the composition of knitting and the percentage of graphene concentration.

The use of the conductive knitting based on graphene by the stamping method is a way to conduct researches of smart textiles that provide different functionalities such as: communication, electroluminescence, monitoring, heating and significantly achieve the transmission of data that detect dysfunctions in the human body.

The use of the conductive knitting based on graphene by the stamping method is a way to conduct investigations of smart textiles that provide different functionalities such as: communication, electroluminescence, monitoring, heating and significantly to achieve the transmission of data that detect dysfunctions in people's systems.

PROBLEMA

En los últimos años, la evolución e investigación de los textiles inteligentes se ha ido incrementando ascendentemente con la finalidad de buscar nuevas alternativas para el mundo textil, mismas que aporten con el constante desarrollo y progreso de este importante campo industrial.

En el Ecuador existe un limitado número de investigaciones de esta índole, lo que obliga a desarrollar investigaciones que permitan aplicaciones diferentes con la utilización de tejidos conductores con nano partículas brindando propiedades de conductividad.

OBJETIVOS

Objetivo General

Obtener un tejido de punto conductor en base a la aplicación de un acabado con grafeno mediante el método de estampación.

Objetivos Específicos

- Determinar el proceso de estampación óptimo para la obtención del tejido conductor.
- Aplicar el grafeno sólido al 10% en relación al peso de la muestra y la utilización de resina.
- Realizar las pruebas de conductividad del tejido con el acabado textil y evaluación de los resultados.

JUSTIFICACIÓN

Debido a que los textiles inteligentes tienen componentes electrónicos incorporados, y éstos pueden incluir dispositivos como conductores, circuitos integrados, baterías, diodos emisores de luz y hasta mini computadoras, los mismos que deben ser imperceptibles por los sentidos para que no alteren la naturaleza de la prenda, mantenga su flexibilidad y brinden confort a los usuarios.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente en relación a los textiles inteligentes se opta por aprovechar los beneficios de diferentes elementos de la naturaleza como el grafeno, material con grandes propiedades de conductividad, incluso superando en este aspecto al silicio. (Mueller, 2013)

Mediante esta investigación surge la observación de aplicarlo a un sustrato textil con el fin de obtener un tejido conductor y aportar para la obtención de un textil inteligente que sea utilizado en las diferentes aplicaciones del mundo de la salud, deporte y construcciones.

CAPÍTULO I

1. TEJIDO DE PUNTO

1.1. Generalidades

La industria textil y su amplio campo de aplicaciones en las diferentes áreas se ha desarrollado en base a las fibras textiles utilizadas, el proceso del tejido ya siendo de punto o plano, tintura, acabados, no tejidos hasta obtener el producto final requerido por el cliente.

1.2. Tejido de Punto

El entrelazamiento de hilos y formación de mallas manualmente o con máquinas circulares y rectilíneas dan creación a un tejido de punto con características propias de elasticidad, encogimiento y hasta presentan mayor confort en prendas elaboradas que se adaptan con facilidad a los movimientos de los cuerpos en comparación y relación a un tejido plano. (Lavado, 2012)

El tejido de punto requiere de hilos de mejor calidad en comparación al género plano, es decir que se presenten sin imperfecciones, mientras que el segundo por medio de aprestos logra mejorar su presentación.

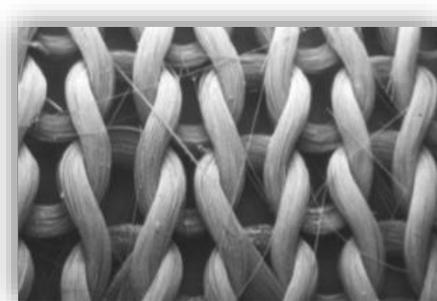


Figura 1. Vista ampliada de un género de punto (jersey)

Fuente: (Lavado, 2012)

1.3. Tipos de Tejidos de Punto

Debido a la manera de la formación de malla se consideran dos tipos de tejidos de punto:

1.3.1 Género de Punto por Trama

Son los tejidos en los cuales la formación de malla realiza un mismo recorrido en forma horizontal a lo que se le denomina pasada, lo que se logra de maneras distintas dependiendo del tipo de máquina utilizada.

- En la máquinas circulares y rectilíneas se forma de manera consecutiva de una malla a otra.
 - Y en los telares rectos tipo Cotton y en los telares circulares de mallas que ya no se los utiliza se forma la malla de forma simultánea, es decir todas las agujas a la vez.
- (Lavado, 2012)

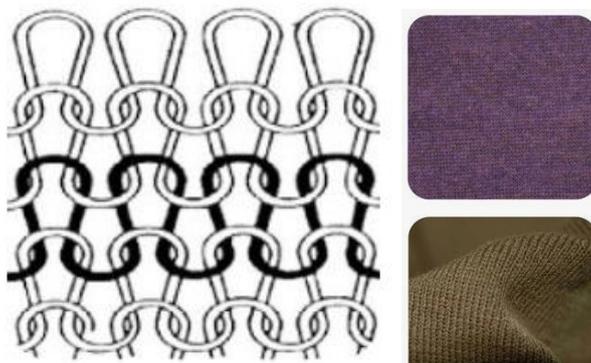


Figura 2. Tejido de Punto por Trama

Fuente: (Astorino, 2017)

1.3.2. Género de Punto por Urdimbre

Son aquellos en los cuales la formación de malla se realiza con un hilo distinto a cada una de las agujas de la máquina y se utiliza un número de hilos igual a las columnas de mallas del tejido de manera simultánea y se lo hace en máquinas rectilíneas Ketten, Raschel y Crochet o

en máquinas circulares de vaivén y milanesas, en la figura 3 observamos un ejemplo de tejido de punto por urdimbre.



Figura 3. Tejido de Punto por Urdimbre

Fuente: (Astorino, 2017)

1.3.3. Tejido de Punto (hilos de algodón)

El algodón con su simbología CO por sus iniciales en inglés cotton, es la fibra natural más utilizada en el mundo, luego está la lana, la seda y el lino. Esta fibra tiene varias propiedades que al ser transformada en hilo puede mezclarse con otras fibras y brindar características diferentes a los tejidos elaborados.

Se dice que un tejido de punto con una composición cien por ciento algodón es realizado con hilos 100% CO y por dicha composición el tejido de punto tiene las propiedades de absorber la humedad y expulsar el calor corporal, de teñirse bien con colorantes directos, no generar electricidad estática, ser aislante, soportar altas temperaturas para su planchado, ser químicamente soluble al ácido sulfúrico H_2SO_4 (Lavado, 2013), además, se puede lavar sin problema de 30° a 40° C en la lavadora (Spandex, 2017) y pueden tratarse con resinas u otros acabados químicos o físicos para que no se encoja, adquiera estabilidad dimensional y a la vez presente mayor resistencia a las arrugas.

Para reconocer un tejido cien por ciento algodón debe presentar las características principales de la fibra de algodón que se ha mencionado anteriormente y se detallará a continuación.

1.3.3.1. Composición Química de las Fibras de CO

Los contenidos totales están separados en los siguientes componentes:

Tabla 1
Composición Química CO

Materia	Porcentaje
Celulosa	80 – 90
Agua	6 – 8
Ceras y grasas	0,5 – 1
Proteínas	0 – 1,5
Pectinas	4 – 6
Cenizas	1 – 1,8

Fuente: (Lavado, 2013)

La tabla 1 nos muestra la estructura química de la celulosa y se entiende que esta estructura es válida para todas las fibras celulósicas como el algodón, sisal, rayón viscosa, lino y otros.

Además, en la figura 4 observamos la constitución de la estructura química de la celulosa con la cual químicamente facilita crear enlaces en forma cristalina en dirección de su eje longitudinal, presentando algunas propiedades importantes como: resistencia a la tracción al aplicar una tensión en el sentido longitudinal, absorción del agua por sus OH libres que por tal razón presenta afinidad tintórea a colorantes directos y muestra resistencia a los álcalis.

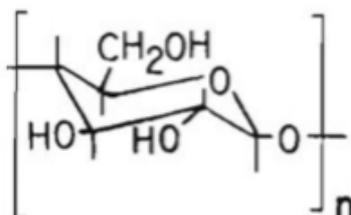


Figura 4. Estructura Química de la celulosa
Fuente: (Lavado, 2013)

La fibra del algodón es como una cinta granulosa, estirada y retorcida. El de mejor calidad, en algunas variedades, tiene la fibra en forma casi cilíndrica. Está compuesto a base de moléculas de celulosa, con la estructura molecular típica de ésta.

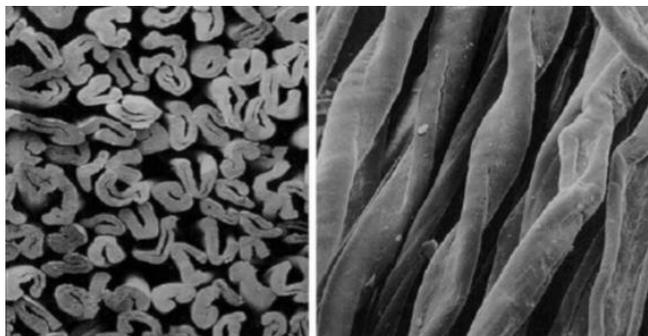


Figura 5. Microfotografías de fibras de CO, en vistas transversal y longitudinal (der.)

Fuente: (Lavado, 2013)

1.3.3.2. Características Principales del Algodón

- **Longitud de la fibra:** Entre 30 a 40 milímetros aproximadamente dependiendo de su madurez.
- **Finura de la fibra:** Varía entre 3 y 6 micras de diámetro, según la variedad.
- **Superficie de la fibra:** Forma la cinta como un tubo achatado con torsiones irregulares en forma de S y Z que le dan a la fibra hueca capacidad de hilado.
- **Uniformidad:** La longitud media indicada debe ser mantenida por la mayor parte del material proporcionado; cuando menos sean las oscilaciones de finura y longitud tanto mejor será el lote.
- **Pureza:** Las impurezas del algodón son causadas por las partículas de la planta. El algodón recogido a mano trae menos impurezas que el que es cosechado con máquina.
- **Color:** En general va desde el blanco hasta el pardo. Ej.: tipo americano (blanco parduzco), tipo de la India (blanco cenizo o blanco amarillento), tipo egipcio (amarillento o pardo).

- **Brillo o aspecto:** La mayoría de los tipos son mate, solo el algodón egipcio tiene un leve brillo. La mayoría obtiene brillo por medio de la mercerización.
- **Textura:** Suave y cálida.
- **Prueba de combustión:** Llama amarillenta, rápida, el humo tiene un típico olor picante, el residuo de cenizas queda pegado a la tela. El algodón produce olor a papel quemado.
- **Elasticidad y resistencia al aplastamiento:** Suficiente, mayor que la del lino y menos que la de la lana. El acabado hace posible un mejoramiento de estas características.
- **El tejido:** Retiene del 45 al 50% de su peso en agua: es fresco y su uso resulta confortable.
- **Estabilidad:** No tiene estabilidad frente a la conservación de la forma y hay que conferírsela mediante tratamientos mecánicos o químicos, como el sanforizado (encogimiento previo a base de temperatura, presión y humedad en el sentido de la urdimbre).

1.3.4. Tejido de Punto (mezcla de hilos poliéster/algodón)

Según Egas (2012) menciona que: “De acuerdo al mercado, la reducción de costos y la mayor producción en la industria textil, en el área de hilatura se ofrece una variedad de combinaciones en relación al porcentaje de mezcla de fibras en un hilo, siendo la mezcla más común un 65% de poliéster y un 35% de algodón”, ya que entre ambas fibras se compensan y combinan varias características físicas beneficiosas que hacen su mezcla sea muy conveniente, los mismo que generalmente son utilizados para la elaboración de tejidos de punto.

Este tejido obtiene características propias de cada fibra que lo contienen según su porcentaje de mezcla, siendo el caso de una mezcla Pes/Co, el tejido obtendrá las características físicas y químicas naturales del algodón ya que el hombre no las puede cambiar y propiedades del poliéster según su manufactura.

1.3.5. Tejido de Punto (hilos de poliéster)

El poliéster con su simbología PES por sus iniciales en inglés polyester, es una fibra sintética ampliamente usada en la industria textil.

La realización de un tejido de punto con hilos 100% poliéster presenta propiedades como: no se estira ni se deforma, es inarrugable, es liviano, absorbe menos humedad, logra mezclarse con otras fibras, presenta colores más brillantes y duraderos los mismos que pueden ser aprovechados por los usuarios de manera diferente según el propósito para el que sea diseñado el tejido. Además, Lavado (2013) indica que el poliéster es químicamente soluble al meta-cresol $(\text{CH}_3)\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})$.

La utilización de hilos de poliéster en el género de punto se emplea tal como vienen de la fábrica, para aumentar su resistencia y para mejorar su aspecto es conveniente dar una ligera torsión. Sintés (1968) afirma que: “La torsión les quita brillo y generalmente mejora la presentación del artículo a elaborar. Se requiere que los hilos sean muy regulares de diámetro, para evitar paros en el proceso de elaboración de la malla”.

Para reconocer un tejido cien por ciento poliéster debe presentar las siguientes características principales de la fibra de poliéster mencionadas anteriormente y se detallan a continuación.

1.3.5.1. Composición Química de las Fibras de PES

La materia que forma la fibra es una cadena de polímero sintético compuesto por al menos un 85% en peso de un éster de alcohol dihidrico y ácido tereftálico. En otras palabras, su estructura molecular está conformada por cadenas hidrocarbonadas que contienen uniones de éster, razón por la cual se le denomina POLI/ETILÉN/TERAFTALATO (PET), ya que se compone de grupos de teraftalato y de etileno como se muestra en la figura 6. (Mejía, 2015)

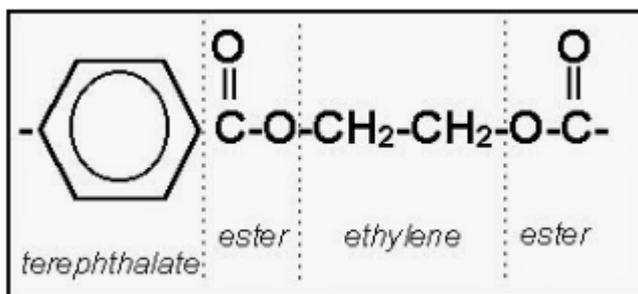


Figura 6. Estructura Molecular del PET

Fuente: (Mejía, 2015)

1.3.5.2. Características Principales del Poliéster

Puesto que el poliéster es una fibra artificial, el polímero es sumamente versátil y es posible introducir muchas variaciones químicas como: la finura, longitud y textura adecuada según el fin requerido, además posee propiedades como:

- Elevada resistencia a la luz solar y a los agentes ambientales.
- Baja absorbencia de agua de 0,4 a 0,8 % por lo que resiste a las manchas acuosas y es de secado rápido.
- Se adaptan a las mezclas, de forma que se mantiene el aspecto de la fibra natural.
- Su tenacidad y resistencia a la abrasión es muy alta.
- Gran afinidad por la electricidad estática en comparación a las otras fibras.
- Resiste a los ácidos, pero no a los álcalis. Fermenta el sudor, por su escasa absorción; inapropiado en climas húmedos.
- Punto de fusión del poliéster se presenta a los 256°C.

Según Egas (2012) menciona que: “En cuanto a las propiedades beneficiosas para la hilatura podemos enumerar: la resistencia en húmedo y en seco que es la capacidad de recuperación de forma luego de un trabajo de tensión o deformación; la estabilidad dimensional, en condiciones normales (no a altas temperaturas), mantiene de excelente forma sus propiedades físicas;

resistente a la abrasión, resiste el roce y la fricción sin mucho desgaste de su cuerpo; aspecto estético favorable, en cuanto se refiere a su color, forma y lustre; resistente a la tracción”.

1.4. Comparación de propiedades de las fibras textiles

En la tabla 2 se muestra una comparación de las fibras textiles en base a resistencia, alargamiento, absorción de humedad y a las propiedades en base al valor del uso como la resistencia a la luz, resistencia a las condiciones atmosféricas y microorganismos dando una puntuación desde (++) como muy elevado hasta (- -) muy bajo.

Tabla 2

Comparación de Propiedades de las Fibras Textiles

FIBRAS	PROPIEDADES DE LAS FIBRAS			PROPIEDAD EN BASE AL VALOR DE USO		
	Resistencia	Alargamiento	Absorción de humedad	Resistencia a la luz	Resistencia a las condiciones atmosféricas	Microorganismos
<i>Algodón</i>	+	-	+	0	0	-
<i>Lino</i>	++	-	+	-	--	-
<i>Lana</i>	-	+	++	-	--	0
<i>Seda</i>	+	--	+	-	--	0
<i>Viscosa</i>	0	0	++	-	-	-
<i>Poliamida</i>	++	++	-	-	0	++
<i>Poliéster</i>	++	0	--	++	++	++

Fuente: (Wulfhorst, 2001)

Donde:

++ =Muy elevado

-- =Bajo

+ = Alto

-- = Muy bajo

0 = Medio

CAPÍTULO II

2. TEXTILES INTELIGENTES

2.1. Generalidades

Los avances tecnológicos son una base de integración de las áreas de la industria como es la industria textil, la innovación de ésta se ha ido incrementando en los últimos años, por lo que ahora se emplean nuevas alternativas que amplíen su funcionalidad, según Chamba (2017) indica que:

...su aplicación está en diferentes campos de la actividad humana e industrial, desde la cirugía, hasta los deportes de competición para mejorar resultados; la vestimenta de los astronautas, facilitarnos mayor confort, la construcción y el acondicionamiento de locales, vencer el frío, olvidarnos del calor, pasando por otros muchos campos en los que se aplican estas innovaciones. (p.33)

Los textiles inteligentes pueden ser descritos como materiales textiles que piensan por sí mismos a través de la incorporación de dispositivos electrónicos o de materiales inteligentes”. Además, puesto que ya son aplicados en ciertos tipos de ropa evolucionada y orientada principalmente para el cuidado, protección y seguridad de los interesados no han dejado de lado el concepto de moda, comodidad e innovación. De este modo los resultados favorables son acogidos activamente por los entes expuestos a riesgos en las diferentes disciplinas como las ingenierías, ciencias, diseño, desarrollos de procesos, business y marketing (López, 2011).

2.2. Definiciones

Popularmente los textiles inteligentes o con su traducción en inglés “Smart Textiles” o “Inteligente Textiles” pudieron ser denominados como tejidos funcionales, tejidos activos o en algunos casos tejidos interactivos, pero debido a la experiencia que la comunidad científica,

empresarios, comerciantes han adquirido en el transcurso de sus avances e investigaciones tecnológicas se conoce como tal y adquiere un mismo contenido que según Chamba (2017) menciona cuatro concepciones significativas que indican claramente la definición de un textil inteligente según varias autorías indicadas a continuación:

Según López (2011): se conoce con este nombre los textiles capaces de alterar su naturaleza en respuesta a la acción de diferentes estímulos externos, físicos o químicos y modifican alguna de sus propiedades, principalmente con el objetivo de conferir beneficios adicionales a sus usuarios. Algunos de estos materiales son conocidos desde hace años, pero la mayoría son de reciente aparición.

Según Méndez (2015): los tejidos inteligentes son materiales textiles que de alguna manera incorporan capacidades relacionadas con la monitorización o la mejora del rendimiento mediante el uso de medios físicos o informáticos.

Según Cadavid (2008): son llamados Textiles Inteligentes aquellos textiles que poseen propiedades funcionales que se activan o reaccionan de acuerdo a su entorno y proveen a la persona que los use ventajas adicionales a las meramente decorativas y de protección.

Según Lois (2006): los textiles inteligentes pueden definirse como materiales textiles que son capaces de medir un estímulo externo y reaccionar en función de él. Combinan tecnologías provenientes de distintos ámbitos y, a su vez, están condicionando las posibilidades de desarrollo de nuevos sectores de interés. (p. 35)

Cada definición indica que los textiles inteligentes necesitan de estímulos externos tanto físicos como químicos para tener la posibilidad de reaccionar y actuar a fin de brindar beneficios favorables a los interesados de su uso y aplicación de las nuevas propiedades que éstos ofrecen.

2.3.Categorías de los Textiles Inteligentes

Debido a que existen textiles que proporcionan calor o frío, que cambian de color, tienen memoria de forma, protegen de rayos UV, combaten bacterias, regulan la distribución de aromas como perfumes, cicatrizantes y más ejemplos por mencionar, se conoce que se clasifican en tres categorías frecuentemente mencionadas y que según Sánchez (2007) lo expresa de la siguiente manera:

1. Pasivos: mantienen sus características independientemente del entorno exterior (sólo “sienten” los estímulos exteriores).
2. Activos: actúan específicamente sobre un agente exterior (no sólo “sienten” el estímulo exterior, sino que reaccionan ante él).
3. Muy activos o ultrainteligentes: este tipo de tejidos adaptan automáticamente sus propiedades al percibir cambios o estímulos externos.

Además, estos textiles se pueden obtener empleando directamente fibras inteligentes durante el tisaje, las mismas que pueden reaccionar ante la variación de estímulos tales como la luz, el calor, el sudor y otros. Así mismo pueden obtenerse mediante la aplicación de determinados acabados a un tejido a fin de que produzcan los mismos o diferentes efectos.

Sánchez (2007) indica que: “La tecnología de estos textiles puede solaparse con otras importantes tecnologías, como la microelectrónica, la informática, las nanotecnologías y los biomateriales”. Lo mismo que indica una evolución acelerada que no en mucho tiempo serán una parte muy importante de la vida diaria de las personas y alcanzarán a todos los sectores de la población, incidiendo en el campo laboral, de seguridad, salud, decoración y otros.

2.4.Clases de textiles inteligentes

La integración de las ingenierías, diseños y otras disciplinas han permitido desarrollar nuevas alternativas tecnológicas, mismas que son benéficas para los diferentes consumidores

en los distintos campos. Como un ejemplo claro y convincente de integración y evolución están los “smart textiles”, los mismos que ofrecen ventajas en cualquiera que sea su aplicación tales como los sensores y biosensores textiles para la medición de parámetros fisiológicos entre los cuales tenemos electrocardiograma, pulso cardiaco, respiración o parámetros físicos como presión, volumen o incluso la presencia. Con este comportamiento se pueden mencionar otras clases de textiles inteligentes que Sánchez (2007) presenta a continuación:

2.4.1. Textiles que incorporan microcápsulas

El microencapsulado es una técnica mediante la cual mínimas porciones de un principio activo (gas, líquido o sólido) son recubiertas por un envoltorio de un segundo material (membrana) para proteger dicho principio activo del entorno que lo rodea. La membrana suele ser muy fina, del orden de $1\mu\text{m}$ de grosor, mientras que el diámetro habitual de las microcápsulas puede variar desde unas pocas micras hasta unos $150\mu\text{m}$, aunque puede haber tamaños mayores. En función de las condiciones ambientales, las microcápsulas incorporadas al textil son capaces de absorber, almacenar y liberar el calor corporal en función de las condiciones ambientales. Por ejemplo, cuando el cuerpo siente calor, la energía que éste desprende se utiliza para aportar el calor latente necesario para que la sustancia encerrada en las microcápsulas cambie de fase sólida. En la figura 7 se observa microscópicamente cómo se presentan microcápsulas de aloe vera sobre el tejido.

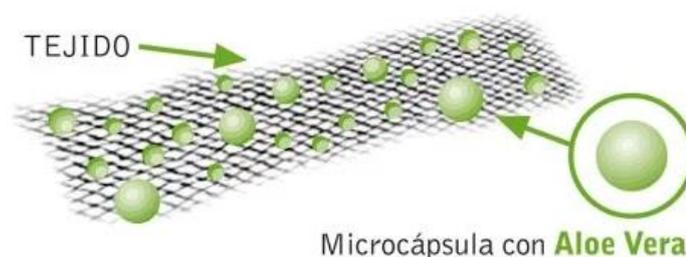


Figura 7. Estructura de un tejido con microcápsula de Aloe Vera

Fuente: (Cabanes, 2015)

2.4.1.1. Cosmetotextiles

Pueden ayudar a la piel humana a prevenir infecciones de agentes externos, aunque también pueden desprender aromas frescos; en definitiva, se trata de aumentar la sensación de bienestar de la persona que los usa. Son productos microencapsulados que se aplican por acabado y en los que las materias activas utilizadas son de naturaleza muy diversa: aromas, reactivos químicos o bioquímicos, vitaminas, cristales líquidos, etc. Las cápsulas pueden romperse progresivamente bien por presión, por fricción, por biodegradación. Entre las aplicaciones más conocidas de los cosmetotextiles están las medias. (p.40)

2.4.2. Textiles Crómicos o camaleónicos

Estos textiles pueden cambiar su color en consonancia con las condiciones externas en la que se encuentra como un camaleón y reciben su nombre de acuerdo al estímulo que responden tal como lo muestra la figura 8. En donde los textiles fotocrómicos son aquellos que cambian de color al actuar determinadas radiaciones ultravioletas sobre ellos, los textiles termocrómicos cambian su coloración al modificarse la temperatura exterior, los textiles electrocrómico cambian de color cuando se los somete a una ligera corriente eléctrica, los piezocrómico cambian su color dependiendo de la presión del ambiente y los solvatocrómicos.

(Sánchez, 2007)

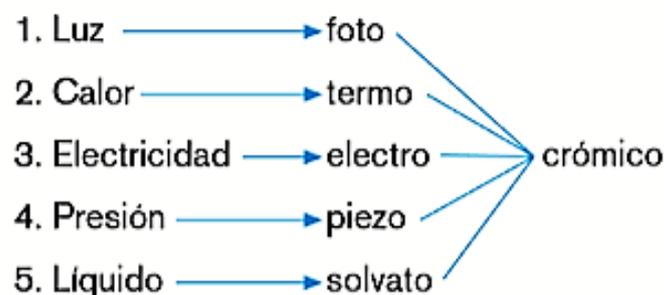


Figura 8. Textiles crómicos en función al estímulo al que responden

Fuente: (Sánchez, 2007)

2.4.3. Materiales con memoria de forma

Generalmente los textiles con memoria de forma se accionan por intervención del calor, aunque también puede ser por cambios magnéticos y de otro tipo, estos son capaces de deformarse desde su forma actual hasta otra previamente fijada.

Sánchez (2007) indica que:” Existen también materiales textiles de permeabilidad variable que, al aumentar el calor desprendido por el cuerpo, incrementan el tamaño de los intersticios según indica la figura 9 y, por tanto, la capacidad de evaporación del sudor a su través. Por el contrario, cuando el cuerpo se enfría, el material textil recupera su forma inicial aumentando su capacidad de abrigo”.

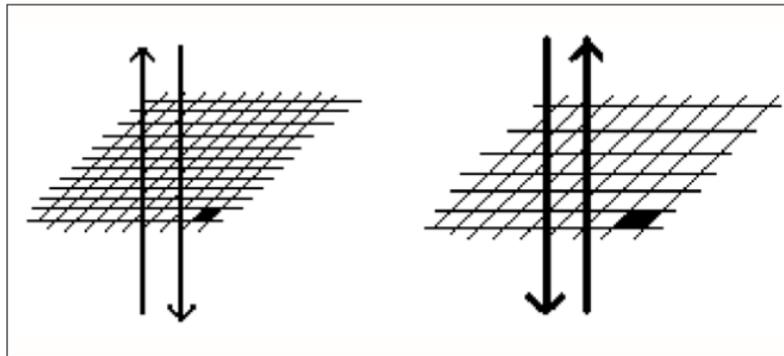


Figura 9. Membrana del material Diaplex por debajo de la temperatura de activación (izquierda) y por encima de ésta (derecha).

Fuente: (Sánchez, 2007)

2.4.4. Desarrollos que incorporan la electrónica y la informática a los textiles

Esta clase de textiles han ido evolucionando debido a la unión de la microelectrónica con el textil dando una nueva propiedad a los polímeros textiles, como es la conductividad. La incorporación de elementos electrónicos a la vestimenta humana han sido claves la sustitución de estructuras rígidas por otras flexibles y la miniaturización. Así, las prendas de vestir pueden incorporar, por ejemplo, pequeños sensores, o diminutas fibras conductoras (Sánchez, 2007).

Además, se indica que el problema es que estos elementos no deben afectar al estilo de la prenda ni a su tacto, y ser suficientemente robustos para, en determinados casos, resistir el lavado, la limpieza en seco o incluso los desgarros. La energía necesaria para que el dispositivo electrónico funcione puede proceder de pequeñas baterías cosidas al tejido, lo cual puede ocasionar algún problema de salud. Pero en el futuro se prevé que la energía proceda del movimiento del portador de la prenda o incluso de la energía solar.

Entre los numerosos desarrollos Sánchez (2007) cita los siguientes:

1. La incorporación de sensores a prendas de vestir, alfombras, paredes tapizadas para controlar la luz, temperatura, seguridad, etc. Así, por ejemplo, Aitex y Unifam han desarrollado una alfombra inteligente de detección de personas, que puede ser utilizada como alarma de intrusión, como contador de entrada a hoteles, centros comerciales y otros.
2. La camisa Life-Shirt de Vivometrics monitoriza 30 funciones vitales en continuo mediante un sistema de sensores integrados en el textil. Según sus fabricantes soporta más de 100 lavados sin alteración.
3. La “smart T-shirt”, con aplicaciones en medicina militar, consta de una red de fibras ópticas y conductoras que puede enviar datos de un soldado herido de bala, acerca de la localización y la naturaleza de la herida, que son recibidos en una central en la que el médico puede evaluar la herida y aconsejar el tratamiento. Esto podría tener también aplicaciones para bomberos, policías y otros.
4. Prendas luminiscentes. Pueden fabricarse de varias maneras, por ejemplo, utilizando hilos conductores que terminan en leds, fibras ópticas, o por adhesión de materiales luminiscentes al tejido, entre otras posibilidades. En la figura 10 se ven tejidos luminiscentes de diferentes tipos.

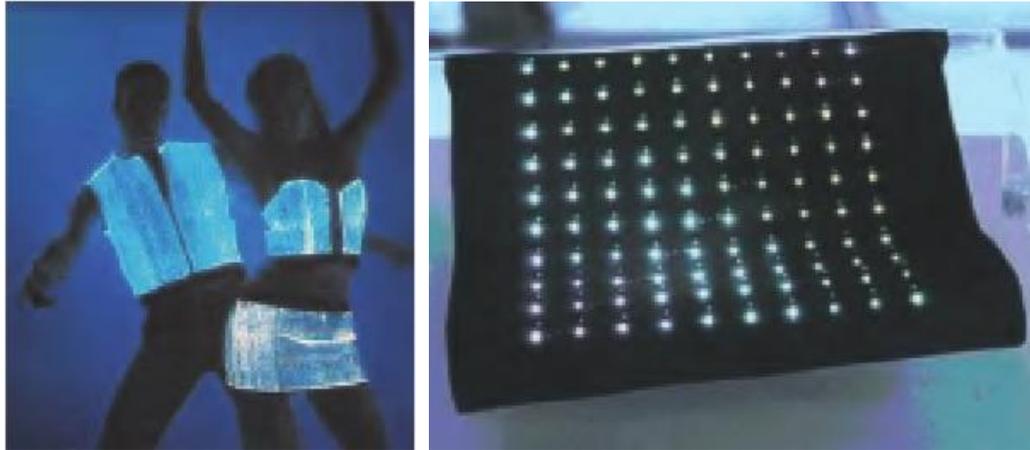


Figura 10. Tejidos Luminiscentes (izquierda) y Tejido con LEDs integrados, de Phillips (derecha)

Fuente: (Sánchez, 2007)

5. France Télécom R&D ha diseñado un prototipo de pantalla flexible de fibras ópticas tejidas, capaz de recibir información y de mostrar gráficos o elementos animados sobre una prenda de vestir.

6. Tejidos térmicos: Son hilos y tejidos con propiedades electotérmicas y que, por tanto, pueden generar calor conectándose a baterías de tamaño variable (preferiblemente pequeñas).

7. The Re:Form Studio (Suecia) ha diseñado una cortina para ventanas que responde al ciclo diario de la luz solar. Una cara de esta cortina almacena la luz del sol durante el día (contiene colectores solares), y la otra cara la emite durante la noche (contiene materiales emisores de luz), por lo que se ahorraría energía. (p.44)

2.4.5. Nanotecnologías

Las nanotecnologías permiten producir propiedades de las sustancias cuando su tamaño se reduce a niveles nanométricos, a esta escala se usa microscopios de fuerza atómica y de efecto túnel que permiten no solo ver sino manipular las estructuras moleculares y sus átomos a escalas nanométricas ($1\text{nm}= 10^{-9}\text{m}$). Estas tecnologías pueden emplearse para la fabricación de nanofibras de polímeros (entre 50 y 500 nm), para aplicar nanoacabados a materiales textiles, para obtener capas de tejidos con nanopartículas y más. (Sánchez, 2007)

Las nanotecnologías están siendo orientadas en la industria textil a la fabricación de tejidos con propiedades antimanchas, antibacterias, antiviruses, antiolor, retardantes de llama, absorbentes de rayos UV, con propiedades antiestáticas y otros como indica figura 11.

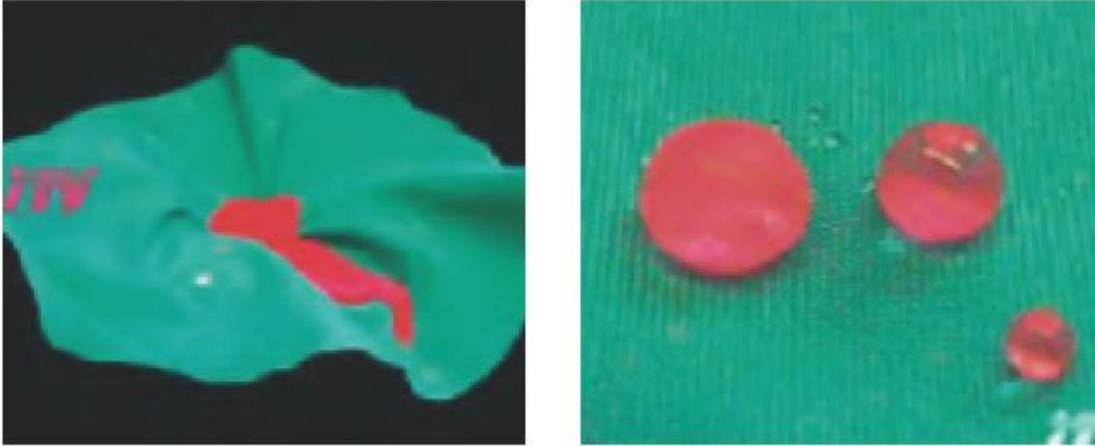


Figura 11. Las propiedades autolimpiadoras e hidrófobas de los textiles fabricados por el procedimiento nanotecnológico denominado Effet-Lotus®

Fuente: (Sánchez, 2007)

2.4.6. Otros desarrollos

Ya existen muchos otros desarrollos significativos en el campo de los smart textiles que Sánchez (2007) cita a continuación:

1. Los textiles antimicrobianos, para evitar la aparición de las bacterias que causan olor a transpiración o evitar que se desarrollen. Por ejemplo, los iones Ag⁺ contenidos en la fibra de Trevira bioactiva actúan sobre la membrana celular de las bacterias, impidiendo su proliferación.
2. Los que protegen de las radiaciones ultravioleta. Los especialistas están alertando continuamente del peligro para la piel de exposiciones prolongadas al sol, aconsejando la utilización de cremas de alta protección. Hoy día es posible la utilización de tejidos que preservan de la radiación solar. Así, por ejemplo, con este fin BASF ha puesto en el mercado una fibra de nylon 6 con partículas de titanio finamente divididas que protegen contra la radiación UV.

3. También podrían citarse determinados textiles con aplicaciones en medicina, como los que incorporan microcápsulas que dosifican medicamentos, o las ropas que pueden incluso regular la medicación de un usuario diabético, a partir del análisis del sudor, etc. (p.44)

2.4.7. Tejido Conductor

Un tejido conductor puede conducir la electricidad mediante el uso de algún componente que sea conductivo, lo que permite transmitir electricidad y señales de información y datos específicos evitando el uso de baterías y cables. Lima (2017) afirma que: “un tejido conductor es la base para la fabricación de textiles inteligentes utilizados en la comunicación, electroluminiscencia, monitorización, calefacción y más, manteniendo sus propiedades.”

2.4.7.1. Obtención de un tejido conductor

Según Sánchez (2007) cita que su obtención surge de acuerdo a la aplicación en la prenda inteligente siendo los siguientes:

1. Por utilización de fibras intrínsecamente conductoras: metálicas, de carbono.
2. Fibras con partículas conductoras aplicadas en su superficie: Resistat (BASF), P-140 (DuPont)
3. Hilos híbridos.
4. Hilos metalizados: Rhodiastat (Rhône-Poulenc), Texmet (Texmet)”

Como ejemplo en la figura 12 se observa el hilo Protex Ag, cuyo proceso de fabricación permite depositar plata pura con la concentración adecuada sobre fibras, hilos o tejidos. Este sistema hace que adquiera conductividad eléctrica y térmica, además de un incremento del poder antimicrobiano, en definitiva, todos los beneficios de la plata. (Sánchez, 2007)

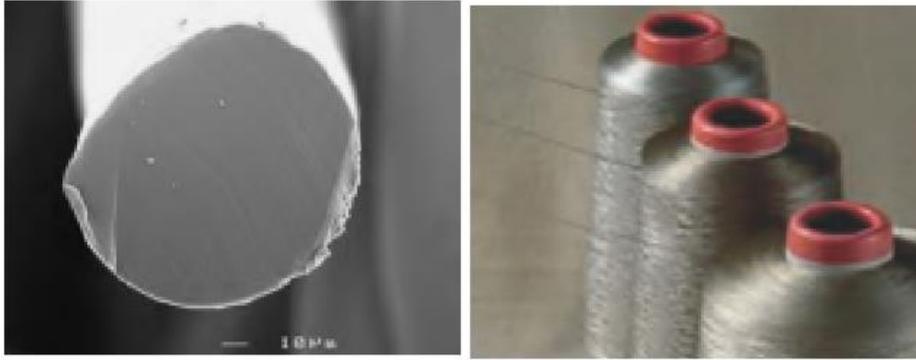


Figura 12. Hilo Protex Ag (Carolina Silver Technologies) recubierto de plata

Fuente: (Sánchez, 2007)

2.4.7.2. Características

Se conoce que un tejido conductor por la aplicación de los nuevos productos puede llegar a ser más duradero, flexible y ligero dependiendo del material conductor aplicado, más sin embargo posee principalmente las características de conductividad y resistividad eléctrica.

Conductividad

La conductividad se refiere al paso de la corriente eléctrica a través de materiales conductores, y cuando no permite el paso de la corriente eléctrica se le conoce como aislante, como señala López, (2017) que: “Conductividad eléctrica: es la propiedad que tienen los materiales de permitir la transmisión de corriente eléctrica (principalmente los metales) a través de su masa. A los materiales que tienen un alto coeficiente de conductividad eléctrica se les denomina conductores” (p:54).

Resistividad Eléctrica

La resistencia es la oposición que cualquier material ofrece al paso de la corriente. Según Galíndez, (2017) menciona que: “La resistividad es la resistencia eléctrica específica de un determinado material. Se designa por la letra griega rho minúscula (ρ) y se mide en Ωm .”

Ley de Ohm

George Simón Ohm interrelacionando las otras magnitudes eléctricas formuló su ley fundamental, que actualmente es base de toda la electricidad, la intensidad de la corriente

eléctrica que circulaba por un conductor era directamente proporcional a la diferencia de potencial que había entre sus extremos según la relación:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{ó} \quad R = \frac{V}{I}$$

Conceptualmente la resistencia de cualquier elemento conductor depende de sus dimensiones físicas y de la resistividad, pudiéndose expresarse como:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde: $R (\Omega)$ \longrightarrow $\left\{ \begin{array}{l} L = \text{longitud (m)} \\ S = \text{sección (mm}^2\text{)} \\ \rho = \text{resistividad (}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m)} \end{array} \right.$

$\rho = R S / L$ S es el área de la sección transversal, l la longitud y R la resistencia. Es el inverso de la conductividad: $\rho = 1/\sigma$.

Ohm (Ω)

Según el SI, el ohmio u ohm con su simbología (Ω) es la unidad de resistencia eléctrica que poseen los cuerpos y su nombre se debe al nombre del científico Simón Ohm, quien interrelacionando las magnitudes eléctricas formuló su ley, base de la electricidad. (Arboledas, 2014)

Voltaje

La tensión o voltaje con su simbología (V), es la energía por unidad de carga que proporciona una pila o fuente de alimentación y se mide en voltios. (Arboledas, 2014)

CAPÍTULO III

3. GRAFENO

3.1. Generalidades

En el 2004, a partir de la exfoliación de grafito en láminas individuales Andre Geim y Konstantin Novoselov descubrieron que era posible obtener grafeno, este método se lo conoce como “scotch tape method” o en español método de la cinta adhesiva (Llamas, 2015).

El término grafeno se refiere a aquella estructura nanométrica bidimensional de átomos de carbono fuertemente cohesionados en una superficie uniforme ligeramente plana con una configuración atómica hexagonal. De la cual se desprenden propiedades eléctricas, mecánicas y químicas tan excepcionales. (Rodríguez & Vasilievna, 2008)

El grafeno puede considerarse un candidato interesante como el componente funcional en textiles inteligentes debido a sus propiedades en circulación (eléctrica, mecánica, térmica, óptica.), y su incorporación en textiles sintéticos y naturales podría ayudar a para obtener textiles multifuncionales para una aplicación más amplia en la industria.



Figura 13. Estructura del grafeno

Fuente: (Cabrera, 2017)

3.2. Concepto de Grafeno

Según EcuRed (2011) recalca que:

El grafeno es un material bidimensional que cuenta con sólo un átomo de grosor. Su estructura laminar plana de grafito está compuesta de átomos de carbono que forman una red hexagonal. Según especialistas en el tema es la membrana más fina creada hasta el momento y su apariencia puede parecer frágil y delicada ya que a simple vista el grafeno es como una tela transparente y flexible. Sin embargo, se trata de un material extremadamente resistente que además sirve como excelente conductor a la electricidad.

3.3. Obtención del grafeno

Existen algunos métodos de obtención de grafeno, pero se dice que ninguno de ellos es perfecto debido a que generalmente los que proporcionan calidad no permiten obtener en grandes cantidades, más sin embargo los que si permiten generar grafeno a escala industrial presentan ciertos defectos. Según las investigaciones realizadas Borrell & Salvador (2015) menciona los siguientes métodos:

La **exfoliación mecánica** consiste en ir separando las capas de grafito pirolítico de alto ordenamiento o HOPG (del inglés, Highly Ordered Pyrolytic Graphite) manualmente con cinta adhesiva. Este método permite obtener grafeno de alta calidad estructural y gran tamaño ($\sim 200\mu m$), pero tiene el inconveniente de que el rendimiento que se alcanza es muy bajo y, además, no es posible posicionar estas láminas de manera controlada, por lo que no es un método adecuado para producir grafeno a escala industrial.

La **exfoliación en fase líquida** es una alternativa a la exfoliación mecánica que se basa en aumentar la distancia interlaminar entre las capas de grafito para disminuir la interacción entre ellas (fuerzas de Van de Waals) y poder separar las láminas. Otra alternativa es oxidar previamente el grafito para obtener el óxido de grafeno (GO).

Estos procedimientos se los denomina métodos top down, que producen estructuras muy pequeñas desde materiales de mayores dimensiones. Por otro lado, se encuentran los métodos

bottom-up en los que se parte de pequeñas moléculas, generalmente en forma gaseosa, para formar láminas de grafeno.

El **depósito químico en fase vapor** (CVD, del inglés Chemical Vapour Deposition) es otra técnica de este tipo que se basa en la descomposición a alta temperatura de hidrocarburos sobre sustrato metálico (generalmente níquel o cobre), de tal forma que los átomos resultantes de la descomposición se reorganizan formando una o varias láminas de grafeno.

Otra técnica bottom-up es el **crecimiento molecular** de pequeñas moléculas orgánicas, como benceno o policarburos aromáticos, cuya estructura y grupos funcionales pueden ser controlados para producir grafenos.

Existen otros métodos para la obtención de grafeno, como son la **apertura de nanotubos y nanofibras, la intercalación de metales alcalinos en el grafito, la fotoexfoliación del grafito o la segregación y precipitación de carbono en sustratos metálicos**. Además, teniendo en cuenta la imparable actividad investigadora en la búsqueda de nuevas vías de síntesis o la mejora de las ya existentes, es de esperar importantes avances a corto y medio plazo. (pág. 82)

Además, está el **método Hummers modificado** que es el más empleado para preparar óxido de grafeno. La mayor parte de las modificaciones que este método admite se llevan a cabo con el fin de lograr un mayor grado de oxidación del grafito, o con la intención de reducir la emisión de gases tóxicos, durante el desarrollo de la reacción. Los óxidos de grafeno tienen un alto grado de oxidación y las características estructurales del óxido de grafeno resultante estará fuertemente influenciadas por el método de oxidación empleado. (Borrell & Salvador, 2015)

3.4. Propiedades del grafeno

El grafeno es un material nanométrico bidimensional de espesor correspondiente a un sólo átomo de carbono abundante en la naturaleza y ecológico, con propiedades extraordinarias. Sintés (1968) indica que: “El grafeno tiene propiedades mecánicas, electrónicas, químicas,

magnéticas y ópticas”. Entre las cuales en modo general, Borrell & Salvador (2015) destaca lo siguiente:

- Es casi completamente transparente y tan denso que ni siquiera el helio lo atraviesa
- Es más duro que el diamante y 200 veces más resistente que el acero
- Es igual de ligero y más flexible que las fibras de carbono.
- Es capaz de soportar la radiación ionizante.
- Prácticamente no tiene efecto Joule.
- Tiene alta movilidad de portadores, así como un bajo nivel de ruido, lo que permite que sea utilizado como canal en transistores de campo (Field-Effect Transistor o FET, en inglés)
- Tiene un gap de energía nulo lo que hace que este material se comporte simultáneamente con un metal y semiconductor.
- Puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar compuestos con diferentes propiedades. (pág. 84)

Todas estas propiedades y otras que se mencionan a continuación hacen que el grafeno sea un material interesante para el desarrollo de diversas aplicaciones.

3.4.1. Conductividad eléctrica del grafeno

Según las investigaciones que han realizado Borrell & Salvador (2015) señalan que:

El grafeno conduce la electricidad tan bien como el cobre: su conductividad eléctrica es $0,96 \times 10^8 (\Omega \cdot m)^{-1}$, mientras que la del cobre es $0,60 \times 10^8 (\Omega \cdot m)^{-1}$ y la del silicio de $4,5 \times 10^{-4} (\Omega \cdot m)^{-1}$.

Una forma de clasificar los materiales según lo bien que conduzcan la electricidad es en aislantes, conductores y semiconductores. Resulta que el grafeno no es ninguna de las tres, sino que comparte características de los conductores y los semiconductores. Desde un punto de vista estructural, la distribución a nivel atómico en el grafeno proporciona un camino sin obstáculos

para la circulación de los electrones (por lo tanto, el choque de los electrones con los átomos es menor – menor efecto Joule – y el material se calienta menos que cualquier otro). (pág. 84)

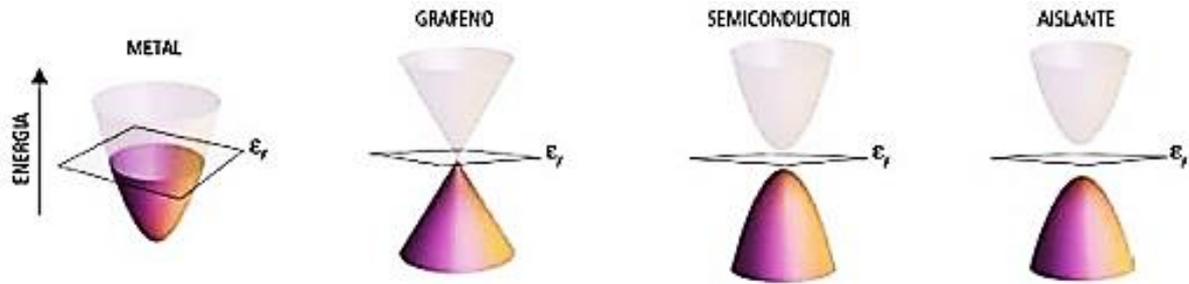


Figura 14. Posicionamiento de las bandas de energía de los materiales según su conductividad

Fuente: (Borrell & Salvador, 2015)

En la figura 14 se muestra el posicionamiento de las bandas de energía (las curvas parabólicas) de los materiales según su conductividad. La curva parabólica inferior es la banda de valencia y la superior es la banda de conducción. El plano representa la energía de Fermi, que es el nivel de energía máximo hasta el que llegan los electrones de un sólido a temperatura cero. Cuando el nivel de Fermi está en la banda de conducción, se trata de un metal (material conductor), ya que los electrones circulan libremente por esta banda. En el caso de los semiconductores y aislantes el nivel de Fermi está entre las bandas de valencia y de conducción, y únicamente se diferencian en la anchura de la brecha, llamada gap o banda prohibida. En los semiconductores, el gap no es demasiado grande, lo que permite que si se les proporciona suficiente energía puedan conducir corriente eléctrica. En los aislantes el gap es mucho mayor y es necesario un aporte energético muy superior, lo que dificulta la conducción.

3.4.2. Conductividad Térmica

El material nanométrico como conductor de calor supera a todos los materiales conocidos en la actualidad. Según Borrell & Salvador (2015) indica que: “La conductividad térmica del

grafeno se ha medido y su valor es, aproximadamente, de unos $5000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. El cobre presenta un valor de aproximadamente, $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a temperatura. Por lo tanto, conduce 10 veces mejor el calor que el cobre.”

Probablemente la gran conductividad del grafeno es resultado relativo con la facilidad que tienen los átomos de carbono para moverse en el grafeno en relación a otros materiales.

3.4.3. Resistencia Mecánica

El grafeno también está siendo conocido por su alta resistencia mecánica. Borrell & Salvador (2015) menciona que: “Tiene una resistencia mecánica de 42 N/m (tensión a rotura). Si elegimos una hipotética lámina de acero más resistente, el mismo espesor que el grafeno, ésta tendría una resistencia de 0,40 N/m. Por tanto, se podría decir que el grafeno es unas 100 veces más resistente que el más resistente de los aceros.”

Además de su resistencia mecánica es un material elástico y flexible, es decir que puede deformarse sin sufrir deformación permanente. Borrell & Salvador (2015) señala que: “se estira hasta un 10% de su tamaño normal de forma reversible”.

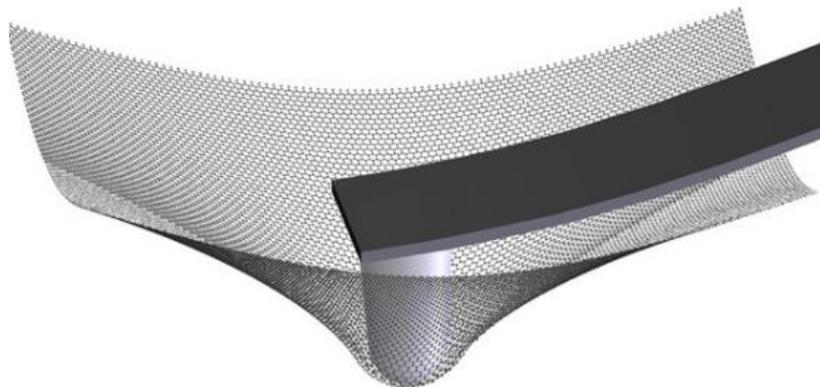


Figura 15. Idealización de microscopio de fuerza atómica presionando sobre una hoja de grafeno para obtener su límite elástico

Fuente: (Borrell & Salvador, 2015)

Uno de los experimentos utilizados para concluir con la constante o límite elástico se realiza mediante la utilización de un microscopio de fuerza atómica que presionaba perpendicularmente la hoja de grafeno para doblarla como lo muestra en la figura 15.

3.4.4. Otras propiedades de interés

Borrell & Salvador (2015) indica que:

Por el interés tecnológico en el desarrollo de nuevas aplicaciones se mencionan otras propiedades como:

Capacidad para la formación de nuevos materiales

Es una línea de investigación que mayor interés anima a la comunidad científica debido a que el grafeno puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar nuevos compuestos.

Capacidad aislante

Investigadores de la universidad de Manchester han comprobado que las membranas hechas de óxido de grafeno son impermeables a todos los gases y líquidos, a tratarse de un material con una densidad atómica muy alta (50 millones de átomos por centímetro).

Propiedades Ópticas

El grafeno es un material casi completamente transparente, ya que absorbe el 2,3% de la intensidad de la luz blanca que llega a su superficie (transmitancia ~97,7%). Esta propiedad, unida a la flexibilidad, ha abierto la posibilidad de fabricar circuitos flexibles y transparentes.

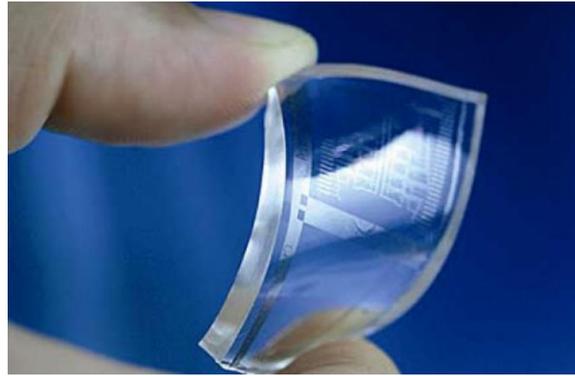


Figura 16. Dispositivo flexible y transparente de grafeno

Fuente: (Sophimania, 2012)

Propiedades Magnéticas

El grafeno no es un material magnético, pero la modificación de su estructura permite desarrollar nuevas capacidades magnéticas.

Con el grafeno se puede desarrollar dispositivos capaces de multiplicar tanto la velocidad de procesamiento de la información como la cantidad de datos que se pueden almacenar en los dispositivos electrónicos, como aplicaciones en campos como las telecomunicaciones, la informática, la energía y la biomedicina. (págs. 87-90)

3.5. La Nanotecnología

Se considera a la Nanotecnología como un área de la ciencia relativamente nueva que es base del desarrollo tecnológico de los próximos años y que se involucra en las nanoestructuras metálicas.

Los nanomateriales presentan propiedades interesantes y diferentes a los materiales a escala macroscópica como la conductividad eléctrica, propiedades magnéticas, ópticas y de catálisis, propiedades que las hacen candidatas e innumerables aplicaciones en todos los campos de la tecnología (Gustavo López Téllez, Raúl Alberto Morales Luckie, Oscar Fernando Olea Mejía, Víctor Sánchez Mendieta, Jéscica Trujillo Reyes, Víctor Varela Guerrero, Alfredo Rafael Vilchis Néstor, 2013).

CAPÍTULO IV

4. ACABADOS TEXTILES

4.1.Generalidades

Se aplica aprestos y se realiza un acabado a un textil para conferirle nuevas propiedades que se requieran de acuerdo al uso al que vaya a ser destinado.

Los aprestos pueden ser de origen natural y sintético que de acuerdo con los productos adicionales para su preparación pueden o no alterar la estructura química de las fibras que componen el textil tratado, por lo que para aplicar un acabado se requiere tomar muy en cuenta las propiedades intrínsecas de las fibras naturales, artificiales o sintéticas que pueden ser necesarias para el producto terminado.

La aplicación última del producto será considerada desde algunos puntos de vista como: uso, tacto, resistencia mecánica, capacidad de humectación, lavabilidad, deformabilidad, retardación al fuego y muchos otros.

4.2.Definición

Según Lavado (2012) menciona que:

“La frase ennoblecimiento textil define una serie de operaciones llevadas a cabo en las telas ya blanqueadas, teñidas o estampadas para mejorar aún más sus propiedades y posiblemente añadir algunas nuevas; en suma, es ennoblecir al tejido optimizando alguna de sus características. Los parámetros que influyen en la elección del proceso de acabado más adecuado son la naturaleza de la fibra o tela y la aplicación final del tejido.” (p.3)

4.3. Factores de los que depende el Acabado Textil

Según afirma Puente (2017) los factores de los que depende el acabado textil son:

- La naturaleza de la fibra y su disposición en el hilo y el tejido.

- Las propiedades físicas de la fibra principalmente su capacidad de hinchamiento.
- La capacidad absorbente del tejido con respecto a diversas preparaciones de acabado.
- Susceptibilidad del material a modificaciones químicas.
- El destino final del tejido y satisfacción al cliente.

4.4. Clasificación de los Acabados Textiles

Debido a las diversas operaciones de acabados posibles a realizar en un textil Lavado (2012) menciona que para realizar su clasificación toma en cuenta tres criterios según:

- El tipo de tejido
- El tipo de proceso
- Las características adquiridas

4.4.1. Según el tipo de Tejido

Lavado (2012) destaca que se subdividen en:

- *Acabados de Tejidos de Calada*: Por su estructura dimensional más estable, estas telas pueden soportar mejor las tensiones (longitudinales y transversales) durante el proceso. También siempre se presentan abiertas a todo lo ancho.
- *Acabados de Géneros de Punto*: Los procesos se realizan en géneros tubulares, y de forma abierta. Para los primeros, en algunos casos, hay procesos que no se aplican (rameado, perchado, ligado y otros) y en los de forma abierta la maquinaria empleada se diseña con doble campo de acción para cada una de las caras del tejido, como es el caso del compactado.

4.4.2. Según el tipo de Proceso

Lavado (2012) menciona que el acabado puede realizarse de las siguientes maneras:

- Con medios mecánicos que implique la aplicación de principios físicos como fricción, temperatura, presión, tensión y muchos otros (tratamientos mecánicos). Se subdividen en procesos en seco y en húmedo.
- Con la aplicación de sustancias que provienen de la síntesis de productos químicos o naturales, que se unen a las fibras de manera más o menos permanente (tratamientos químicos)
- Mediante la combinación de los dos anteriores.

4.4.3. Según las características adquiridas

Según Lavado (2012) menciona que: “Esta clasificación permite que los procesos de acabado presenten más de una característica ennoblecida, aun así, tratamos de diferenciarlo en:

- *Acabado para propiedades sensoriales*. Son las percibidas por los sentidos, como el tacto (esmerilado, siliconado), sensación térmica (perchado, batanado) o la apariencia (antiarrugas, bio polishing, enderezado de trama, gofrado).
- *Acabados para propiedades funcionales*. Referidas a características que garantizan un comportamiento óptimo tanto durante su confección como en la vida textil. Dentro de éstas contamos a las incogibles, repelentes al agua y/o aceite, protección UV, antimicrobianas, entre otras.

4.5. Tipos de Acabados

Según Lavado (2012) existen dos grandes tipos de acabados:

En los que se realizan operaciones mecánicas generalmente llevadas a cabo sobre tejidos secos con o sin aplicación de calor dando al tejido buena estabilidad dimensional y modificando su estructura superficial se los denomina *Acabados Físicos*, los mismo que se subdividen en dos grupos que son: Acabados Físicos en Seco y Acabados Físicos en Húmedo que se

diferencian por presencia o no de agua en estado líquido o en vapor durante el pase del material en dos grupos que son según indica la figura 17.

A la aplicación de químicos de diferentes orígenes ya sea natural, artificial o sintético en conjunto con otros auxiliares se le denomina *Acabados Químicos*, un tejido puede obtener propiedades que de otra manera serían imposibles de adquirir por medios mecánicos como la repelencia al agua o retención al fuego, cabe recalcar también que este tipo de acabados puede afectar al material textil por alteración de sus propiedades mecánicas, algunas veces cambiando el tono del color o la solidez del mismo (Lavado, 2012).

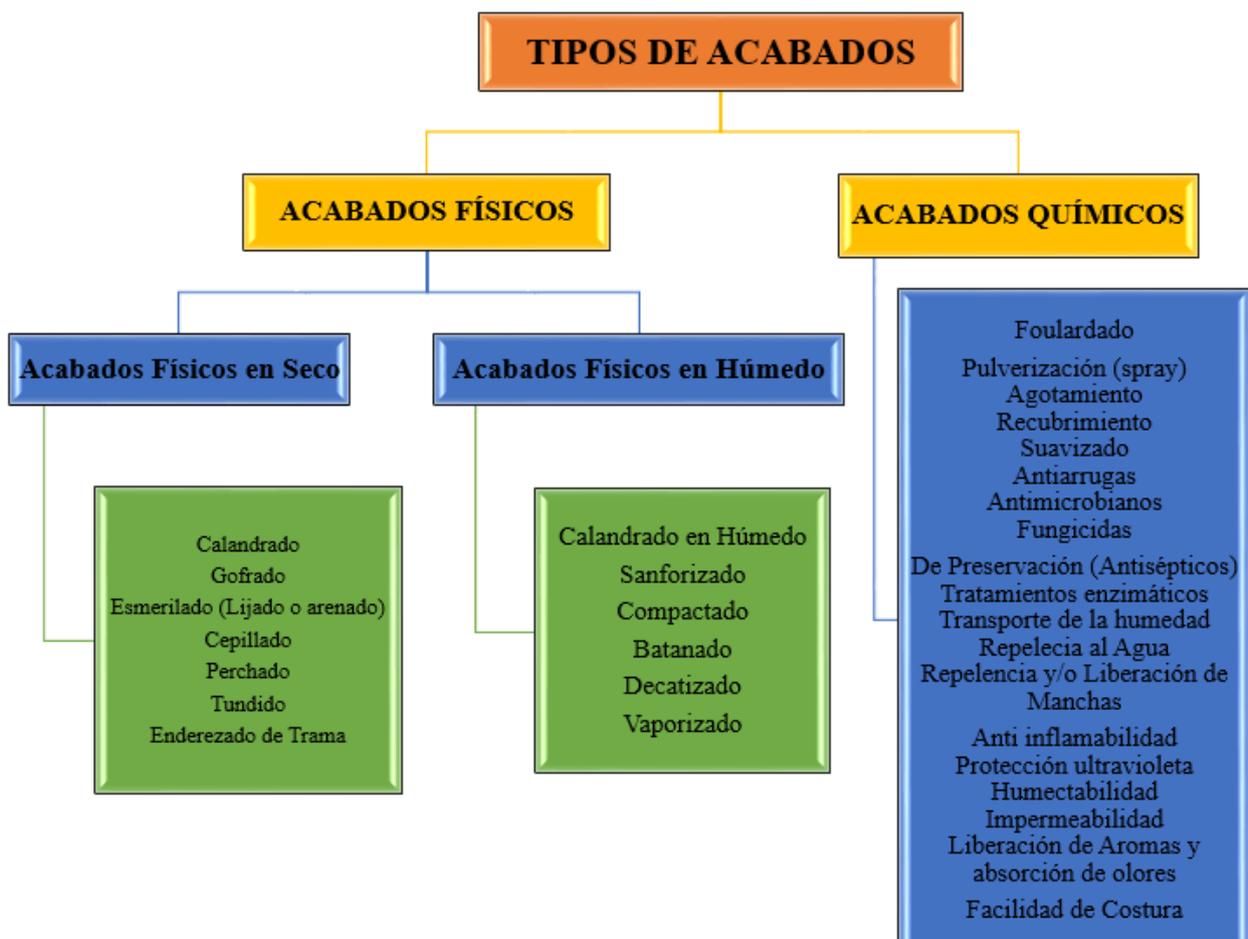


Figura 17. Tipos de Acabados Textiles

Fuente: (Lavado, 2012)

4.6. Estampado o Recubrimiento textil

4.6.1. Concepto de método

El método de estampado o recubrimiento textil se realiza formando una mezcla o pasta para formar una capa cubriente sobre la superficie de la tela, posteriormente para pasarla al horno para su curado o secado. (Gallegos, 2016)

4.6.2. Propiedades del estampado

Según las fibras

Cotton Incorporated (2003) menciona que:

Los tintes son específicos para diferentes tipos de telas, por esto los tintes se eligen en base a las fibras que componen la tela. Por ejemplo, una tela de algodón 100% puede estamparse con colorantes reactivos, o a la cuba o cualquier colorante que trabaje con algodón. Alternativamente, una mezcla de algodón/poliéster requiere dos tipos de tintes combinados en la pasta para teñir. Un tipo es para las fibras de algodón, como el reactivo y el otro tipo es para las fibras de poliéster como el disperso. También pueden usarse pigmentos textiles. No son tintes sino colorantes que requieren un ligante para fijarlo a la superficie de las fibras textiles. (p:02)

Según los hilos

Cotton Incorporated (2003) indica que:

El tipo de construcción de los hilos tiene también influencia en el estampado textil. Debido a que el color estampado se aplica en un lado de la tela, la uniformidad, brillantez y profundidad del color es muy sensible a la vellosidad, torsión y lustre de los hilos. Por ejemplo, a mayor lustre del hilo, el color se estampa con más brillantez. De la misma manera, el brillo puede también influenciar la apariencia del diseño estampado. Si los hilos están muy torcidos pueden impedir que la pasta penetre profundamente en el bucle, y una pobre fijación del color. Adicionalmente, los hilos finos a medianos son generalmente más fáciles de estampar que los hilos gruesos o con efecto. (pág.02)

Según la construcción de la tela

Cotton Incorporated (2003) recalca que:

Las propiedades estructurales de la tela también impactan la tela estampada terminada, así como el mismo proceso de estampado. Por ejemplo, telas de tejido plano son normalmente más fáciles de estampar que el tejido de punto. La razón principal de esta declaración es debido a que las telas de tejido plano son más estables dimensionalmente que los tejidos de punto. La distorsión de la tela es la mayor causa de los estampados fuera de registro o mal estampado en textiles con diseños con muchos colores. Debido a que los tejidos planos son hilos entretejidos, mientras que los tejidos de punto son puntos entrelazados, hay una gran variedad de estructuras de telas de tejido de punto con variaciones en las propiedades de estabilidad dimensional. Sin embargo, las telas de tejido de plano son generalmente más estables. (pág. 03)

Cualquier variación de la preparación de una tela lleva directamente a una calidad pobre y presenta defectos en el estampado. La importancia de la preparación de una tela de alta calidad para estampe no se puede pasar por alto.

4.6.3. Estampado o Recubrimiento con Grafeno

La técnica de estampado, recubrimiento o revestimiento en un textil para obtener un tejido conductor consta en la aplicación de pasta con grafeno según un proceso determinado para obtener las propiedades de conductividad y presente buena apariencia del tejido, este método tiene sus ventajas debido a que la temperatura de los materiales en calentamiento se distribuye sobre la superficie de los materiales que componen la fibra haciéndolos más ligeros. Según (Horacio J. Salavagione, Marian A. Gómez-Fatou, Peter S. Shuttleworth, Gary J. Ellis, 2018) mencionan que: “Los conductores eléctricos se han incorporado a los textiles a través de la impresión o revestimiento para obtener materiales conductores ligeros.”

Además, se dice que los métodos de recubrimiento son atractivos debido a su similitud con los procesos que ya se utilizan en la industria. Recientemente, en el 2018 se informó de la fabricación de un material no tejido de poliéster conductor con un solo paso utilizando una dispersión acuosa de óxido de grafeno reducido (RGO) utilizando poliuretano como la capa de adhesivo para dar una resistencia superficial mínima de $5 \times 10^4 \Omega / m$. (Horacio J. Salavagione, Marian A. Gómez-Fatou, Peter S. Shuttleworth, Gary J. Ellis, 2018) y en el 2016 en un no tejido de poliéster recubierto con grafeno al realizar el proceso de mediciones de resistencia eléctricas, mecánicas, térmicas y de abrasión. Se encontró que la resistividad eléctrica superficial de la tela compuesta de poliéster-grafeno era de 330Ω . (Dharshika Kongahage; Javad Foroughi; Sanjeev Gambhir; Geoffrey M. Spinks; Gordon G. Wallace, 2016)

4.6.3.1. Productos y auxiliares en el proceso

En primera instancia se procede a la adquisición de grafeno en polvo de grafeno polar N008-P-40 de Angstrom Materials, Ohio – EE.UU. Posteriormente se dispone de muestras de tejido de punto jersey en las diferentes composiciones como: 100% Co, una mezcla de Pes/Co y 90/10% Pes/lycra, así como los auxiliares necesarios adquiridos en la ciudad de Quito en la empresa Química Suiza ubicada en la Av. Galo Plaza 10640 y Manuel Zambrano para la elaboración de la pasta de estampación.

Polvo de grafeno polar N008-P-40

Según Angstrom Materials (2016) indica que: “el polvo de grafeno, cuyo espesor se estima entre 50 y 100 nm, y las dimensiones xy son, como máximo, $10 \mu m$. El contenido de carbono es de aproximadamente 97% y el contenido de oxígeno es de aproximadamente 1%. Este producto es adecuado para barreras, compuestos conductores, nanocompuestos, radiación de

calor, caucho conductor y aplicaciones de adhesivo conductor.” Los descuentos por volumen están disponibles en todos sus productos de grafeno.

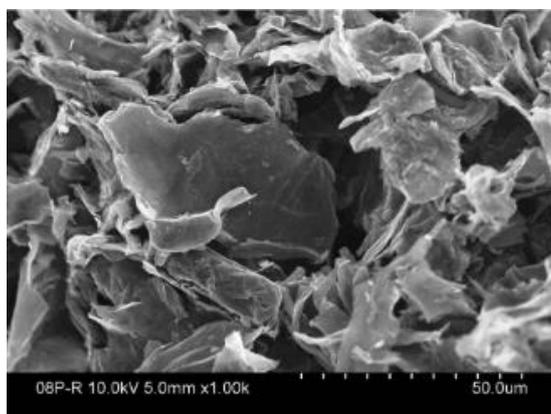


Figura 18. Vista nanométrica de Polvo de Grafeno Polar

Fuente: (Angstrom Materials, 2016)

- *Especificaciones del Grafeno*

Como se había mencionado anteriormente la calidad de las nanopartículas del grafeno se mencionan de acuerdo al método utilizado para su obtención en cantidades industriales, por lo que según Angstrom Materials (2016) indica que el polvo de grafeno polar N008-P-40 tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 3

Especificaciones de Grafeno

Polvo de grafeno u óxido de grafeno:	Polvo de grafeno
Dimensión Z media (nm):	50 – 100
Dimensiones X e Y medias (um):	≤ 10
Área de superficie específica (m² / gm):	20-40
Densidad verdadera (gm / cm³):	≤ 2.20
Sólidos (porcentaje):	≥ 99.00
Humedad (porcentaje):	≤ 1.00
Contenido de carbono (porcentaje de carbono):	≥ 97.00

Fuente: (Angstrom Materials, 2016)

Pasta Madre

Según Gallegos (2016) indica que es: “ Una pasta transparente que se pigmenta con una serie de dispersiones de colores acuosos para imprimirse sobre los tejidos claros de algodón y poliéster”. La pasta está lista para ser usada sin necesidad de diluir, en caso de que se requiera bajar viscosidad se puede agregar agua, sal o urea dependiendo del material a estampar y la malla con la que se trabaje con el fin de obtener definición en el estampado evitando el ensanchamiento de la figura y sangrado.

Además, se puede agregar suavizante en caso de que se requiera mejorar la apariencia al tacto. Se le agrega el 1% de fijador cuando se trabaje con poliéster o mezcla de algodón.

El pigmento es la sustancia química que imparte color a la fibra, el cual se aplica proporción de 3%. A mayor o menor se incrementa o disminuye la intensidad del tono. (Gallegos, 2016)

Componentes de la pasta madre

Los compuestos son muy importantes para la obtención de un estampado óptimo, todos los productos desempeñan una función específica.

Según Sanahuano (2013) en la tabla 4 indica lo siguiente:

Tabla 4

Componentes de la pasta madre

Componentes pasta madre	
Agua	Emulsionante
Úrea	Espesante
Ligante	Fijador
Antiespumante	Suavizante
Amoniaco	

Fuente: (Sanahuano, 2013)

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS

5.1. Pruebas preliminares

Con la aplicación de la curva del proceso de estampado (figura 19), el flujograma indicado en la figura 20, los productos y equipos necesarios para estampación se realizan las primeras pruebas preliminares planteadas con las siguientes variables: las composiciones de fibras de un tejido de punto jersey, entre las cuales son: algodón 100%, una mezcla de poliéster/algodón en un porcentaje de 65/35 y en un tejido 90/10% de poliéster/lycra y la concentración de grafeno al 10, 5, 1 por ciento basándose en lo mencionado por (Dharshika Kongahage; Javad Foroughi; Sanjeev Gambhir; Geoffrey M. Spinks; Gordon G. Wallace, 2016) en su informe de Fabrication of a graphene coated nonwoven textile for industrial applications en donde detallan haber realizado pruebas con dos concentraciones diferentes de grafeno las cuales son al 25 y 60 por ciento en peso, existiendo una resistividad eléctrica superficial de $330 \Omega/m$ en determinada área de las pruebas realizadas.

5.1.1. Procedimiento de estampado preliminar

Aplicación del método de estampado textil para previamente obtener un tejido conductor

El presente trabajo de investigación se basa en una serie de procesos para la obtención de un tejido conductor a base de grafeno capaz de ser utilizado en aplicaciones industriales o en textiles inteligentes a fin de reducir el uso de cableado en dispositivos con sensores o leds.

5.1.1.1. Instrumentos y equipos utilizados en el proceso

Para el desarrollo práctico y experimental en reducida escala del actual trabajo de investigación se necesita varios tipos de instrumentos y equipos de ensayos, mencionados a continuación:

Tabla 5

Instrumentos y equipos utilizados en el proceso de recubrimiento

Instrumentos	Equipos
Vaso de Precipitación	Balanza analítica
Pipetas	Horno de secado
Agitador	Plancha Termofijadora
Vidrio Reloj	
Bastidor	
Racleta	

Fuente: (Guacales A, 2019)

Cabe recalcar que es importante conocer la condición de uso de cada uno de los equipos e instrumentos de ensayo para la realización de un proceso experimental eficiente, óptimo y real. Así mismo, es recomendable contar con los elementos de protección personal necesarios y adecuados para llevar un proceso de calidad.

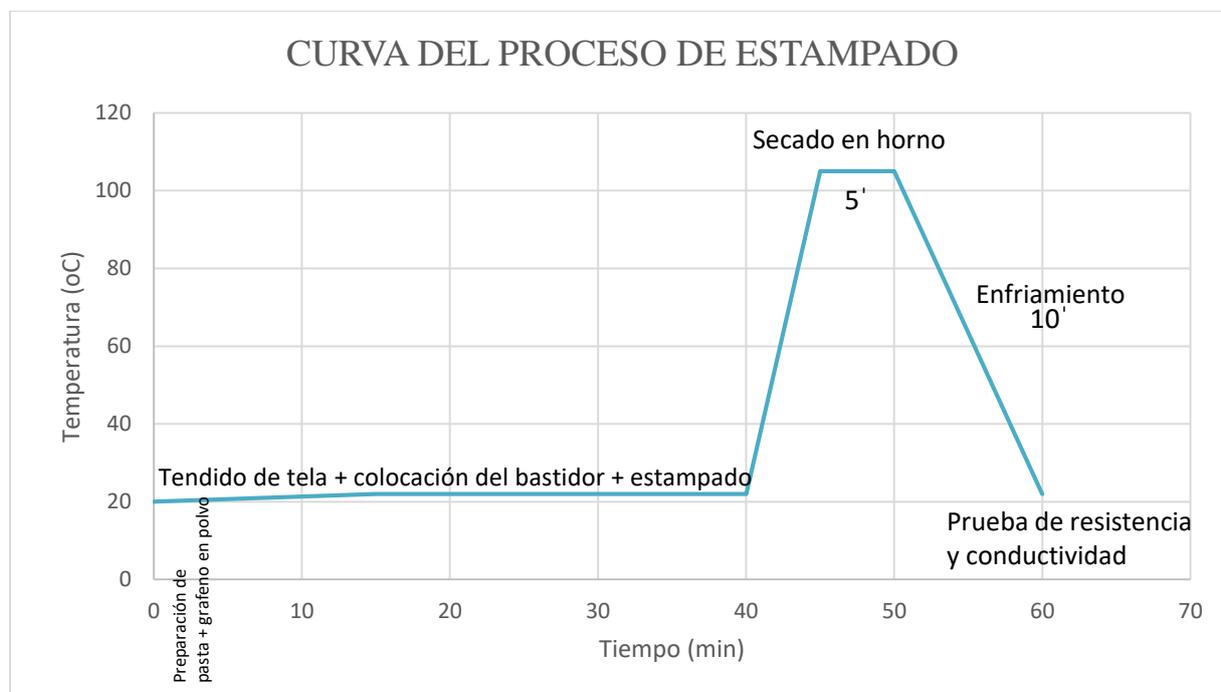
5.1.1.2. Curva del proceso pruebas preliminares

Figura 19. Curva del Proceso de Estampado Preliminar

Fuente: (Guacales A, 2019)

El equipo utilizado para el secado del textil recubierto con grafeno debe estar previamente encendido a fin de que alcancen la temperatura de 105° C para realizar la acción indicada en la curva del proceso preliminar detallado en la figura 19.

5.1.1.3. Flujograma del proceso pruebas preliminares

El proceso de la obtención del textil conductor inicia con el paso (1) que es la preparación del tejido de punto consta en tenderlo sobre una superficie amplia, seca y firme, luego con el paso (2) se realiza el recubrimiento de grafeno sobre la superficie del tejido utilizando un bastidor y una racleta según las dimensiones del textil a estampar, en el paso (3) se retira el exceso de apresto, luego en el paso (4) se realiza el secado en horno a una temperatura de 105 °C para evitar dañar la apariencia del textil, se deja enfriar y finalmente en el paso (5) se realiza las pruebas de conductividad y resistencia eléctrica utilizando los equipos debidamente calibrados . Si es necesario el número de ciclos de recubrimiento se puede aumentar mediante la repetición de los procesos (2) y (3) como se muestra a continuación en la figura 20.

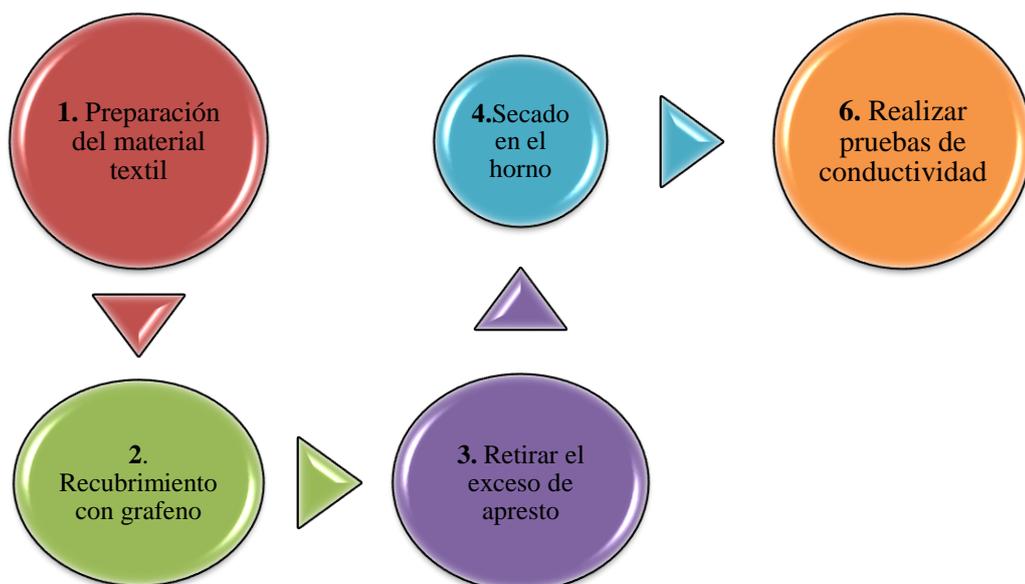


Figura 20. Flujograma de Proceso de Recubrimiento – Pruebas preliminares

Fuente: (Guacales A, 2019)

5.1.2. Variables en el proceso

Según los resultados positivos de investigaciones anteriores, el presente trabajo se centra en dos variables de experimentación, la primera variable a tomar en cuenta es la composición del tejido de punto, determinando realizar el ensayo en pequeñas muestras de tejido de punto jersey simple 100% CO, una mezcla de PES/CO y una mezcla 90/10 PES/Lycra.

Por otro lado, está la segunda variable que es la concentración de grafeno en la mezcla de apresto, es decir la suma de grafeno más pasta madre equivalente al 100%, por lo que se determina que las variables de porcentaje de grafeno serán al 10, 5 y 1 por ciento, más sin embargo debido al interés de conocer resultados se realiza una prueba al 3 por ciento de concentración detalladas debidamente en las tablas a continuación:

5.1.1. Concentración al 10% - Prueba Preliminar 1

Se aplica grafeno al 10 por ciento de concentración para observar resultados de conductividad eléctrica y apariencia al tacto del tejido de tal manera que en la tabla 6 se detalla la cantidad y características de los tejidos utilizados para las pruebas preliminares 1, además se indica que se agrega una mínima cantidad de agua debido a la elevada viscosidad que se forma al mezclar los dos materiales para la estampación.

Tabla 6

Prueba Preliminar 1 al 10% de concentración

PRUEBA PRELIMINAR 1							
Concentración al 10%				Área probeta: 0,6 cm²			
Composición de tejido		100% CO		65/35% PES/CO		90/10% PES/Lycra	
Gramaje		222,34 gr/m ²		183,97 gr/m ²		212,58 gr/m ²	
Nº	Material Conductor y Auxiliares	gr	ml	gr	ml	gr	ml
1	Polvo de grafeno	0,05	-	0,05	-	0,05	-
2	Pasta madre	0,45	-	0,45	-	0,45	-
3	Agua		0,01	-	0,01	-	0,01

Fuente: (Guacales A, 2019)

Observación: Los tres textiles presentan un color negro intenso, no hay definición del recubrimiento debido a la viscosidad del apresto pese a la añadidura de agua, poco apreciable al tacto y se mira poco resistente a la abrasión y al lavado.

Resultado: Los tres tejidos a esta concentración adquieren la propiedad de conductividad por lo que el medidor de puente capta resultados de resistencia eléctrica con variación en cada prueba, sin embargo, se comprueba que se obtiene resultados positivos.

Recomendación: Aumentar agua para la preparación del apresto y de ese modo sea más maleable al momento de aplicarlo sobre los diferentes tejidos y exista definición en el estampado, realizar un proceso de termofijado para que el estampado tenga mayor cohesión con el tejido y de ese modo sea más resistente a la abrasión y lavado.

5.1.1. Concentración al 5% - Prueba Preliminar 2

Se realiza las pruebas preliminares 2 con el fin de observar resultados de conductividad a menor concentración de grafeno por lo que se aplica el estampado de la siguiente manera:

Tabla 7

Prueba Preliminar 2 al 5% de concentración

PRUEBA PRELIMINAR 2									
Concentración al 5%				Área probeta: 0,6 cm ²					
Composición de tejido				100% CO		65/35% PES/CO		90/10% PES/Lycra	
Gramaje				222,34 gr/m ²		183,97 gr/m ²		212,58 gr/m ²	
Nº	Material Conductor y Auxiliares	gr	ml	gr	ml	gr	ml		
1	Polvo de grafeno	0,025	-	0,025	-	0,025	-		
2	Pasta madre	0,475	-	0,475	-	0,475	-		
3	Agua	-	-	-	-	-	-		

Fuente: (Guacales A, 2019)

Observación: Los tres textiles presentan un color negro poco intenso, apariencia agradable al tacto, un recubrimiento definido y no muy resistente al tejido.

Resultado: El algodón cien por ciento y la mezcla de poliéster/algodón no presentan propiedad de continuidad eléctrica a diferencia del tejido poliéster/lycra que es el único tejido con esta concentración que presenta una resistencia y continuidad eléctrica.

Recomendación: Aumentar la concentración de grafeno y aplicarla en base a la composición del textil de prueba, además de realizar el proceso de termofijado para dar mayor resistencia del estampado con el tejido.

5.1.2. Concentración al 1% - Prueba Preliminar 3

Pensando en reducción de costos y mayor maleabilidad del apresto al realizar el recubrimiento del textil se aplica la concentración de grafeno al 1% como se indica en la tabla 8 a continuación.

Tabla 8

Prueba Preliminar 3 al 1% de concentración

PRUEBA PRELIMINAR 3							
Concentración al 1%				Área probeta: 0,6 cm ²			
Composición de tejido		100% CO		65/35% PES/CO		90/10% PES/lycra	
Gramaje		222,34 gr/m ²		183,97 gr/m ²		212,58 gr/m ²	
Nº	Material Conductor y Auxiliares	gr	ml	gr	ml	gr	ml
1	Polvo de grafeno	0,005	-	0,005	-	0,005	-
2	Pasta madre	0,495	-	0,495	-	0,495	-
3	Agua	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Guacales A, 2019)

Observación: Los tres tejidos se muestran de color gris oscuro, agradable al tacto y con un recubrimiento definido y fijo en el textil.

Resultado: Ninguno de las pruebas adquieren la propiedad de continuidad eléctrica y el equipo de medición no capta la resistencia eléctrica emitidas por las pruebas.

Recomendación: Aumentar la concentración de grafeno.

5.1.3. Concentración al 3% - Prueba Preliminar 4

La existencia de conductividad eléctrica en la prueba preliminar 2 en el tejido de Pes/Lycra y en la prueba preliminar 1 no hay resultados favorables se decide realizar la prueba preliminar 4 a una concentración del 3 por ciento con el fin de observar resultados en el intervalo del 1 y 5 por ciento de concentración de grafeno.

Tabla 9

Prueba Preliminar 4 al 3% de concentración

PRUEBA PRELIMINAR 4							
Concentración al 3%				Área probeta: 0,6 cm ²			
Composición de tejido				100% CO	65/35% PES/CO	90/10% PES/Lycra	
Gramaje				222,34 gr/m ²	183,97 gr/m ²	212,58 gr/m ²	
Nº	Material Conductor y Auxiliares	gr	ml	gr	ml	gr	ml
1	Polvo de grafeno	0,015	-	0,015	-	0,015	-
2	Pasta madre	0,485	-	0,485	-	0,485	-
3	Agua	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Guacales A, 2019)

Observación: Los textiles muestran una apariencia agradable al tacto, un recubrimiento definido de color gris oscuro y parece estar fijo al textil.

Resultado: Ninguno de las pruebas adquieren la propiedad de conductividad eléctrica y el equipo de medición no capta la resistencia debido a su dato elevado.

Recomendación: Aumentar la concentración de grafeno.

5.1.4. Análisis de resultados de pruebas preliminares

Tabla 10

Resultado y Análisis pruebas preliminares

Nº	Composición	% grafeno	Observación	Conductividad	Recomendación
1	Co Pes/Co Pes/lycra	10	Los tres textiles presentan un color negro intenso, no hay definición del recubrimiento debido a la viscosidad del apresto pese a la añadidura de agua, poco apreciable al tacto y se mira poco resistente a la abrasión y al lavado.	Sí, en los tres textiles	Aumentar agua para la preparación del apresto y de ese modo sea más maleable al momento de aplicarlo sobre los diferentes tejidos y exista definición en el estampado, realizar un proceso de termofijado para que el estampado tenga mayor cohesión con el tejido y de ese modo sea más resistente a la abrasión y lavado.
2	Co Pes/Co Pes/lycra	5	Los tres textiles presentan un color negro poco intenso, apariencia agradable al tacto, un recubrimiento definido y no muy resistente al tejido	Solo en el tejido Pes/lycra	Aumentar la concentración de grafeno y aplicarla en base a la composición del textil de prueba, además de realizar el proceso de termofijado para dar mayor resistencia del estampado en el tejido.
3	Co Pes/Co Pes/lycra	1	Los tres tejidos se muestran de color gris oscuro, agradable al tacto y con un recubrimiento definido y fijo en el textil.	no	Aumentar concentración de grafeno
4	Co Pes/Co Pes/lycra	3	Los textiles muestran una apariencia agradable al tacto, un recubrimiento definido de color gris oscuro y parece estar fijo al textil.	no	Aumentar concentración de grafeno

Fuente: (Guacales A, 2019)

La tabla 10 indica las observaciones y resultados de las pruebas preliminares realizadas, en donde se concluye que se debe realizar un proceso de termofijado para mayor resistencia del estampado con el textil y aumentar grafeno para mayor conductividad. Es recomendable mejorar el estampado al 10 por ciento de concentración de grafeno en las tres composiciones de los textiles usados en la investigación para obtener resultados óptimos por lo que debido a mayor concentración de grafeno existe más conductividad.

5.2. PRUEBAS FINALES

Los resultados observados en las pruebas preliminares, son la base para realizar las pruebas finales ya que, debido a ciertos inconvenientes encontrados, se requiere mejorar y definir el flujo de procesos y curva de estampación, concentración y características de los tejidos a usar, con el fin de que se obtenga resultados confiables para realizar el análisis definitivo, y de ese modo determinar conclusiones y recomendaciones respectivas, cabe recalcar que para estas pruebas se elimina la aplicación de concentración al 1 % de grafeno por sus resultados negativos y se procede a aplicarlo de la siguiente manera:

5.2.1. Proceso definitivo de estampado conductor

Aplicación del método definitivo del estampado para obtener un tejido conductor

- a. Preparación del material textil y apresto.
 - En un vaso de precipitación se mezcla la pasta madre más la cantidad de grafeno requerido de acuerdo a la concentración a aplicar sobre los tejidos, utilizando una balanza analítica.
 - Se tiende el material textil sobre una mesa estable, seca y rígida y sobre el mismo se coloca el bastidor para el estampado.

- b. Utilizando la racleta arrastrar y presionar el apresto depositado en el bastidor de estampado a fin de que el apreso pase la malla y recubra toda la superficie del área del textil en uso.
- c. Retirar el exceso de apresto con ayuda de la racleta.
- d. Introducir en el horno de secado a una temperatura de 105 °C durante un tiempo de 5’.
- e. Usando una plancha termofijadora aplicar una temperatura de 150 °C durante 30 segundos para cada prueba.
- f. Finalmente, dejar enfriar el tejido, enrollar la tela y proceder a realizar las pruebas requeridas.

5.2.1.1. Flujo de proceso de estampado final

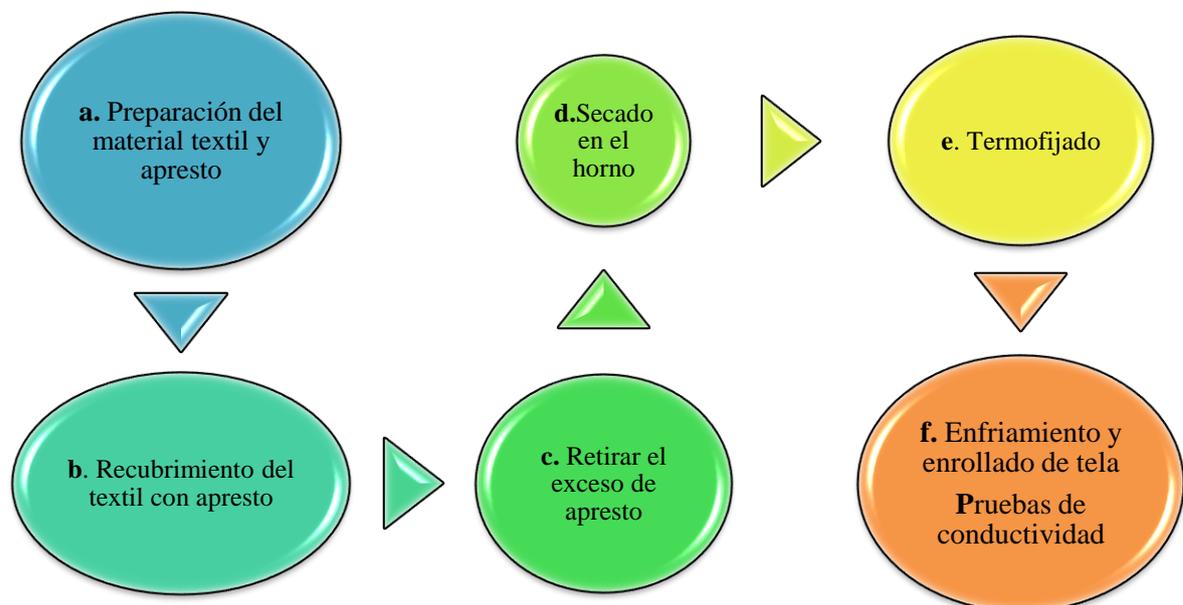


Figura 21. Flujo de proceso de Estampado Final

Fuente: (Guacales A, 2019)

5.2.1.2. Curva de Proceso pruebas finales

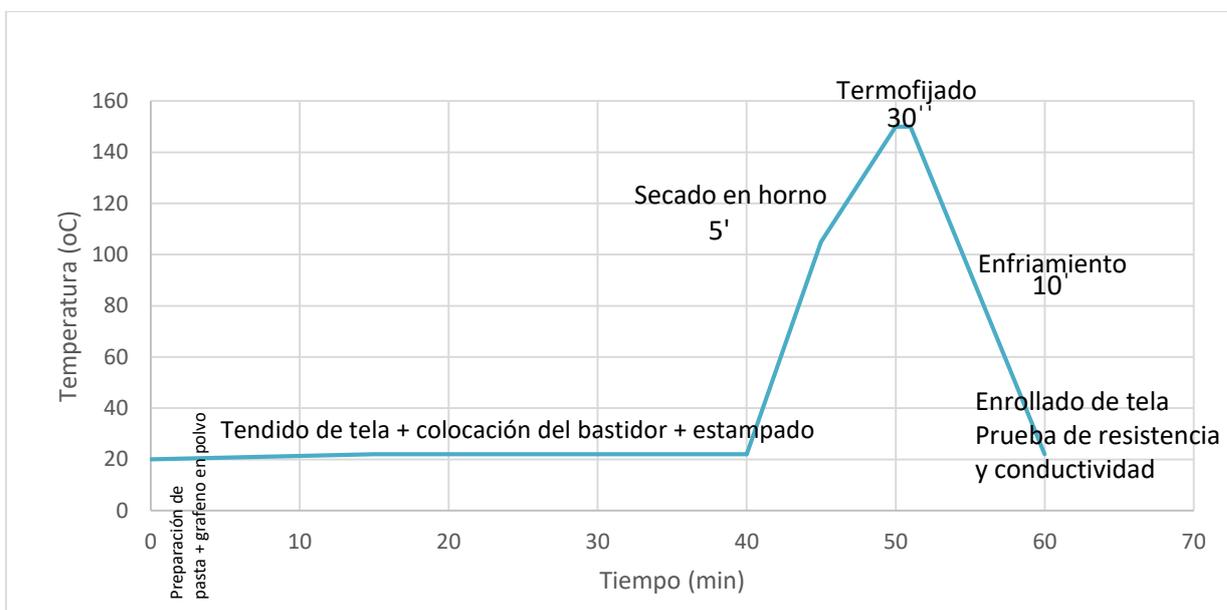


Figura 22. Curva de proceso de estampado final

Fuente: (Guacales A, 2019)

5.2.2. Concentración al 3% - Prueba Final 1

Tabla 11

Prueba Final 1 - Recubrimiento con grafeno al 3%.

PRUEBAS FINALES 1							
Concentración al 3%				Área probeta: 0,6 cm ²			
Composición de tejido		100% CO		65/35% PES/CO		90/10% PES/Lycra	
Gramaje		222,34 gr/m ²		183,97 gr/m ²		212,58 gr/m ²	
Nº	Material Conductor y Auxiliares	gr	ml	gr	ml	gr	ml
1	Polvo de grafeno	0,015	-	0,015	-	0,015	-
2	Pasta madre	0,485	-	0,485	-	0,485	-
3	Agua	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Guacales A, 2019)

5.2.3. Concentración al 5% - Prueba Final 2

Tabla 12

Prueba Final 2 - Recubrimiento con grafeno al 5%

PRUEBAS FINALES 2							
Concentración al 5%				Área probeta: 0,6 cm²			
Composición de tejido		100% CO		65/35% PES/CO		90/10% PES/Lycra	
Gramaje		222,34 gr/m ²		183,97 gr/m ²		212,58 gr/m ²	
Nº	Material Conductor y Auxiliares	gr	ml	gr	ml	gr	ml
1	Polvo de grafeno	0,025	-	0,025	-	0,025	-
2	Pasta madre	0,475	-	0,475	-	0,475	-
3	Agua	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Guacales A, 2019)

5.2.4. Concentración al 10% - Prueba Final 3

Tabla 13

Prueba Final 3 - Recubrimiento con grafeno al 10%

PRUEBAS FINALES 3							
Concentración al 10%				Área probeta: 0,6 cm²			
Composición de tejido		100% CO		65/35% PES/CO		90/10% PES/Lycra	
Gramaje		222,34 gr/m ²		183,97 gr/m ²		212,58 gr/m ²	
Nº	Material Conductor y Auxiliares	gr	ml	gr	ml	gr	ml
1	Polvo de grafeno	0,05	-	0,05	-	0,05	-
2	Pasta madre	0,45	-	0,45	-	0,45	-
3	Agua	-	0,01	-	0,01	-	0,01

Fuente: (Guacales A, 2019)

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Tejido conductor

6.1.1. Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica inicial

El flujo de procesos del estampado finaliza en el enfriamiento del tejido y enrollamiento del mismo, luego de eso se toma las pruebas finales para que con la utilización de un multímetro y del medidor de puente se realice la medición de conductividad y resistencia eléctrica respectivamente, a fin de conocer si los tejidos en sus diferentes concentraciones de grafeno conducen o no energía eléctrica, por lo que la tabla 14 muestra los datos cuantitativos de conductividad y resistencia eléctrica y en la tabla 15 y figura 23 se realiza el análisis respectivo.

Tabla 14

Resultados Resistencia y Conductividad eléctrica inicial – Pruebas finales

Concentración (%)	Tejido Conductor		Área probeta: 0,6 cm ²		Observaciones
	Composición	Resistencia Eléctrica Superficial (Ω)	Conductividad eléctrica		
			Input (V)	Output (V)	
3	Algodón	-	9,1	0	No conduce
3	Poliéster/algodón 65/35	-	9,1	0	No conduce
3	Poliéster/lycra 90/10	-	9,1	0	No conduce
5	Algodón	-	9,1	0	No conduce
5	Poliéster/algodón 65/35	-	9,1	0	No conduce
5	Poliéster/lycra 90/10	380 000	9,64	8,30	Sí conduce
10	Algodón	8 680	9,64	9,2	Sí conduce
10	Poliéster/algodón 65/35	10 080	9,64	9,1	Sí conduce
10	Poliéster/lycra 90/10	11 250	9,64	9,1	Sí conduce

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.1.2. Análisis de Conductividad

Las pruebas de conductividad consisten en alimentar un determinado voltaje por una entrada y medir los voltios de salida. La tabla 15 indica que luego de la obtención de los resultados de cada una de las pruebas finales mostrados en la tabla 14, en donde cada una de las pruebas finales son sometidas a la evaluación de conductividad con la utilización de un multímetro se determina que los textiles que si conducen corriente con cierta resistencia eléctrica superficial son los tejidos en sus diferentes composiciones recubiertos con apresto al 10% de concentración de grafeno y a este grupo se suma el textil 90/10% poliéster/lycra con una concentración al 5% de material conductor detallados a continuación:

Tabla 15

Análisis de resultado de conductividad – Pruebas Finales

Material	% grafeno	Conductividad
Co 100%	3	no
Co 100%	5	no
Co 100%	10	si
Pes/Co 65/35	3	no
Pes/Co 65/35	5	no
Pes/Co 65/35	10	si
Pes/Lycra 90/10%	3	no
Pes/Lycra 90/10%	5	si
Pes/Lycra 90/10%	10	si

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.1.3. Análisis de Resistencia Eléctrica Superficial

Mediante el histograma de la figura 23 podemos observar que antes de haber sometido los tejidos a las pruebas de solidez se obtiene resistencias eléctricas de acuerdo a la composición del tejido y al porcentaje de concentración del material conductor utilizado en el proceso de estampado; iniciando por el análisis de los tejidos a una concentración del 3% se obtiene una

resistencia sumamente alta que no es captada por los equipos, el tejido poliéster/lycra al 5% de concentración de apresto muestra una resistencia eléctrica superficial igual a 380 k Ω , dato sumamente elevado en comparación a los resultados de las pruebas realizadas al 10% de concentración en las diferentes composiciones de fibra, las mismas que indica una resistencia entre los 8 y 12 k Ω .

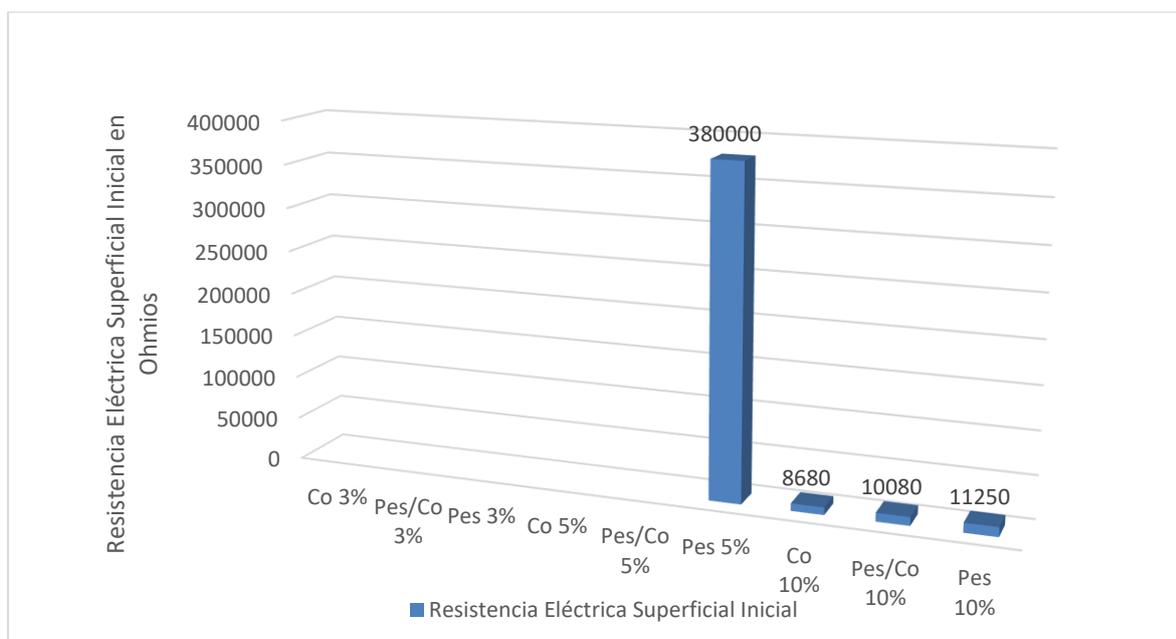


Figura 23. Histograma de Resistencia eléctrica superficial inicial

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.2. Pruebas de Solidez al lavado norma técnica AATCC 61 (adaptada)

La realización de someter las pruebas a un ensayo de solidez al lavado es con la finalidad de verificar la resistencia de fijación del recubrimiento del tejido y la estabilidad que el tejido conductor adquiere en relación a la conductividad luego de ser sometido a un proceso de lavado adaptando la norma AATCC 61, misma que consiste en realizar un lavado con agua y detergente normalizado por cinco veces en donde se obtiene lo siguiente:

6.2.1. Tablas de resultados de pruebas de lavado en tejidos al 3% de grafeno

Tejido 100% algodón

Al realizar la medición de conductividad y resistencia eléctrica superficial como lo indica en la tabla 16 se utiliza el multímetro y medidor de puente en donde se muestra que el tejido 100% algodón recubierto con grafeno a una concentración del 3% no adquiere las propiedades de conductividad eléctrica y se indica una resistencia sumamente elevada que no es captada por el equipo de medición y luego de una entrada de 9,1 V hay una salida de 0 voltios, como se muestra en los anexos 1 y 2.

Tabla 16

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en CO al 3% - Pruebas de Lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 1.1					OBSERVACIONES
Concentración: 3%			Área probeta: 0,6 cm²		
Composición de tejido: 100% CO			Gramaje 222,34 gr/m²		
Lavado	Resistencia Eléctrica Superficial	Conductividad eléctrica			
		(Ω)	Input (V)	Output (V)	
1	-	9,1	0	TEJIDO NO CONDUCTOR	
2	-	9,1	0		
3	-	9,1	0		
4	-	9,1	0		
5	-	9,1	0		

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tejido mezcla poliéster/algodón al 3%

La tabla 17 detalla los resultados obtenidos de la conductividad y resistencia eléctrica del tejido PES/CO a una concentración del 3% de grafeno, en donde el equipo no capta la elevada

resistencia que este tejido emite y además, con una entrada de 9,1 V muestra una salida de 0 V certificados en los anexos 3 y 4, por lo que se observa que el tejido no es conductor de electricidad y no se somete a pruebas de lavado debido a que los resultados no afectarán los datos de conductividad y resistencia eléctrica superficial obtenidos al inicio de las pruebas.

Tabla 17

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/CO al 3% - Pruebas de Lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 1.2				OBSERVACIONES
Concentración: 3%		Área probeta: 0,6 cm²		
Composición de tejido: 65/35% PES/CO		Gramaje 183,97 gr/m²		
Lavado	Resistencia Eléctrica Superficial (Ω)	Conductividad eléctrica		
		Input (V)	Output (V)	
1	-	9,1	0	TEJIDO NO CONDUCTOR
2	-	9,1	0	
3	-	9,1	0	
4	-	9,1	0	
5	-	9,1	0	

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tejido poliéster/lycra al 3%

La prueba 1.3 realizada al 3% de concentración en un tejido 90/10% poliéster/lycra indica una resistencia elevada que el equipo no capta y al realizar las pruebas de paso de corriente eléctrica al alimentar 9,1 V muestra una salida de 0 V detallados en la tabla 18 y verificados en los anexos 5 y 6, los mismos que nos indican que el tejido con dicha cantidad de grafeno no conduce la electricidad que alimenta y no se procede a realizar las pruebas de lavado por los resultados negativos obtenidos de resistencia y conductividad.

Tabla 18

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/lycra al 3% - Pruebas de Lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 1.3					OBSERVACIONES
Concentración: 3%		Área probeta: 0,6 cm²			
Composición de tejido: 90/10% PES/Lycra		Gramaje 212,58 gr/m²			
Lavado	Resistencia Eléctrica	Conductividad eléctrica			
		Superficial (Ω)			
		Input (V)	Output (V)		
1	-	9,1	0		
2	-	9,1	0		
3	-	9,1	0		
4	-	9,1	0		
5	-	9,1	0		

TEJIDO NO
CONDUCTOR

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.2.2. Tablas de resultados de pruebas de lavado en tejidos al 5% de grafeno

Tejido 100% algodón al 5%

Tabla 19

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en CO al 5% - Pruebas de Lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 2.1					OBSERVACIONES
Concentración: 5%		Área probeta: 0,6 cm²			
Composición de tejido: 100% CO		Gramaje 222,34 gr/m²			
Lavado	Resistencia Eléctrica	Conductividad eléctrica			
		Superficial (Ω)			
		Input (V)	Output (V)		
1	-	9,1	0		
2	-	9,1	0		
3	-	9,1	0		
4	-	9,1	0		
5	-	9,1	0		

TEJIDO NO
CONDUCTOR

Fuente: (Guacales A, 2019)

En el tejido de algodón al 5% de concentración la tabla 19 detalla una resistencia eléctrica superficial sumamente elevada, que no es captada por el equipo de medición por lo que a la

vez no permite la salida de la corriente eléctrica; luego de alimentar una batería de 9,1 V se muestra 0V de salida verificados en los anexos 7 y 8, es decir no es un tejido conductor.

Tejido mezcla poliéster/algodón al 5%

La tabla 20 detalla los resultados obtenidos al medir la conductividad y resistencia eléctrica del tejido PES/CO a una concentración del 5% de material conductor, en donde el equipo utilizado, puente de Wheatstone no emite ningún dato debido a la elevada resistencia que posee el tejido, de este modo al pasar corriente eléctrica con una entrada de 9,1 V presenta una salida de 0V certificados en los anexos 9 y 10, cabe recalcar que no se realizan pruebas de lavado debido a que los resultados requeridos son negativos y no existe alteración en el proceso.

Tabla 20

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/CO al 5% - Pruebas de Lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 2.2					OBSERVACIONES
Concentración: 5%			Área probeta: 0,6 cm²		
Composición de tejido: 65/35% PES/CO			Gramaje 183,97 gr/m²		
Lavado	Resistencia Eléctrica		Conductividad eléctrica		TEJIDO NO CONDUCTOR
	Superficial (Ω)		Input (V)	Output (V)	
1	-		9,1	0	
2	-		9,1	0	
3	-		9,1	0	
4	-		9,1	0	
5	-		9,1	0	

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tejido poliéster/lycra al 5%

En la aplicación del 5 por ciento de concentración de grafeno en un tejido de punto compuesto de poliéster al 90%, se identifica que al realizar la medición con el puente de Wheatstone, el equipo aprecia la resistencia por lo que la pantalla emite información, la misma que permite dar a conocer que el textil conduce corriente con cierta resistencia eléctrica superficial.

Al obtener los resultados positivos en la prueba 2.3 se procede a realizar las pruebas de lavado en base a la norma AATCC 61 (norma adaptada) y con la utilización del multímetro se obtiene los datos indicados en la tabla 21, los mismos que son confirmados en los anexos del 11 al 19, pág. 83.

Tabla 21

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/lycra al 5% - Pruebas de Lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 2.3				OBSERVACIONES
Concentración: 5%		Área probeta: 0,6 cm²		
Composición de tejido: 90/10% PES/Lycra		Gramaje: 212,58 gr/m²		
Lavado	Resistencia Eléctrica	Conductividad eléctrica		TEJIDO CONDUCTOR
	Superficial (Ω)	Input (V)	Output (V)	
	380 000	9,64	8.30	
1	330 000	-	-	
2	336 000	-	-	
3	212 000	-	-	
4	203 000	-	-	
5	140 300	9,1	8,6	

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.2.3. Tablas de resultados de pruebas de lavado en tejidos al 10% de grafeno

Tejido 100% algodón al 10%

Al realizar la evaluación de conductividad y resistencia eléctrica superficial utilizando el multímetro y medidor de puente respectivamente luego de cada lavado, la tabla 22 detalla claramente que el tejido 100% CO recubierto con grafeno a una concentración del 10% adquiere propiedades de conductividad eléctrica con una determinada resistencia que a cada lavado va aumentando debido al desprendimiento de partículas de grafeno, mírese resultados en los anexos del 20 al 28, pág. 87.

Tabla 22

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en CO al 10% - Pruebas de Lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 3.1				OBSERVACIONES
Concentración: 10%		Área probeta: 0,6 cm²		
Composición de tejido: 100% CO		Gramaje 222,34 gr/m²		
Lavado	Resistencia Eléctrica Superficial (Ω)	Conductividad eléctrica		TEJIDO CONDUCTOR
		Input (V)	Output (V)	
	8 680	9,64	9.2	
1	10 360	-	-	
2	10 920	-	-	
3	12 480	-	-	
4	14 350	-	-	
5	16 050	9,52	9,45	

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tejido mezcla poliéster/algodón al 10%

Tabla 23

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/CO al 10% - Pruebas de lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 3.2				OBSERVACIONES
Concentración: 10%		Área probeta: 0,6 cm²		
Composición de tejido: 65/35% PES/CO		Gramaje	183,97 gr/m ²	TEJIDO CONDUCTOR
Lavado	Resistencia Eléctrica	Conductividad eléctrica		
	Superficial (Ω)	Input (V)	Output (V)	
	10 080	9.64	9.1	
1	9 950	-	-	
2	8 080	-	-	
3	5 620	-	-	
4	4 010	-	-	
5	1 524	9,52	9,50	

Fuente: (Guacales A, 2019)

La tabla 23 detalla los resultados del tejido PES/CO recubierto con el material conductor a una concentración del 10%, en donde utilizando los equipos necesarios luego de cada proceso de lavado se obtienen datos reales que permiten apreciar cómo la conductividad aumenta mientras la resistencia eléctrica superficial del textil con dichas características disminuye a cada lavado, debido a que las partículas de grafeno permanecen más adheridas al textil, mírese los anexos del 29 al 36, pág. 90.

Tejido poliéster al 10%

La prueba 3.3 es realizada en un tejido 90/10% poliéster/lycra al 10% de concentración de grafeno, en donde se obtiene una resistencia eléctrica superficial que a cada lavado se reduce

por lo que existe una mejor conductividad, es decir que el paso del voltaje sigue siendo posible según indica la tabla 24 y se verifica en los anexos del 37 al 44, pág. 92.

Tabla 24

Resultados de Resistencia y conductividad eléctrica en PES/lycra al 10% - Pruebas de lavado

PRUEBA SOLIDEZ AL LAVADO 3.3			
Concentración: 10%		Área probeta: 0,6 cm²	
Composición de tejido: 90/10% PES/Lycra		Gramaje: 212,58 gr/m²	
Lavado	Resistencia Eléctrica Superficial (Ω)	Conductividad eléctrica	
		Input (V)	Output (V)
	11 250	9,64	9,1
1	10 580	-	-
2	8 000	-	-
3	7 930	-	-
4	7 000	-	-
5	6 670	9,54	9,51

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.2.4. Análisis de Resistencia Eléctrica Superficial al Lavado

En esta parte de la investigación, sobre cada prueba se realizan ensayos al lavado, con el fin de observar si existe un aumento o disminución de la resistencia superficial eléctrica de acuerdo a la concentración de grafeno usado luego de someter las muestras al agua y a otros químicos. Las pruebas se realizan de acuerdo a la norma AATCC 61 (Adaptada).

Cabe recalcar que esta prueba se aplica a las muestras en las que se obtuvo conductividad, iniciando con la prueba final 2.3 que es realizada sobre un tejido poliéster/lycra 90/10 al 5 por ciento de concentración.

La tabla 25 nos muestra un resumen de la resistencia eléctrica que se obtiene en todas las muestras a diferentes concentraciones de grafeno luego de cada lavado y de acuerdo a ésta se realiza el análisis mostrado en los histogramas de las figuras 24 y 25 indicados a continuación:

Tabla 25 *Síntesis de Resultados de Resistencia eléctrica – Pruebas de lavado*

Material	% grafeno	Conductividad	Resistencia Eléctrica Superficial (Ω)					
			<i>Sin lavar</i>	<i>Lavado 1</i>	<i>Lavado 2</i>	<i>Lavado 3</i>	<i>Lavado 4</i>	<i>Lavado 5</i>
Co 100%	3	no	-	-	-	-	-	-
	5	no	-	-	-	-	-	-
	10	si	8 680	10 360	10 920	12 480	14 350	16 050
Pes/Co 65/35	3	no	-	-	-	-	-	-
	5	no	-	-	-	-	-	-
	10	si	10 080	9 950	8 080	5 620	4 010	1 524
Pes/Lycra 90/10%	3	no	-	-	-	-	-	-
	5	si	380 000	330 000	336 000	212 000	203 000	140 300
	10	si	11 250	10 580	8 000	7 930	7 000	6 670

Fuente: (Guacales A, 2019)

De acuerdo a la tabla 25 se realiza el histograma de la figura 24 en donde se observa que en el tejido Pes/lycra a una concentración del 5 por ciento existe una disminución de la resistencia eléctrica después de cada lavado debido a que las nanopartículas de grafeno permanecen fijas al tejido por el proceso de termofijado aplicado, luego del quinto lavado muestra una resistencia de 140,3 k Ω alcanzando una disminución del 63% en relación al dato inicial del tejido antes de someterse a los ensayos de lavado como indica la tabla 25, mientras que en las otras dos pruebas en diferentes composiciones de tejido a la misma concentración presentan una resistencia eléctrica elevada que no es leída por los equipos, tal como se menciona en las tablas 19 y 20 por lo que no constan en el histograma analizado a continuación:

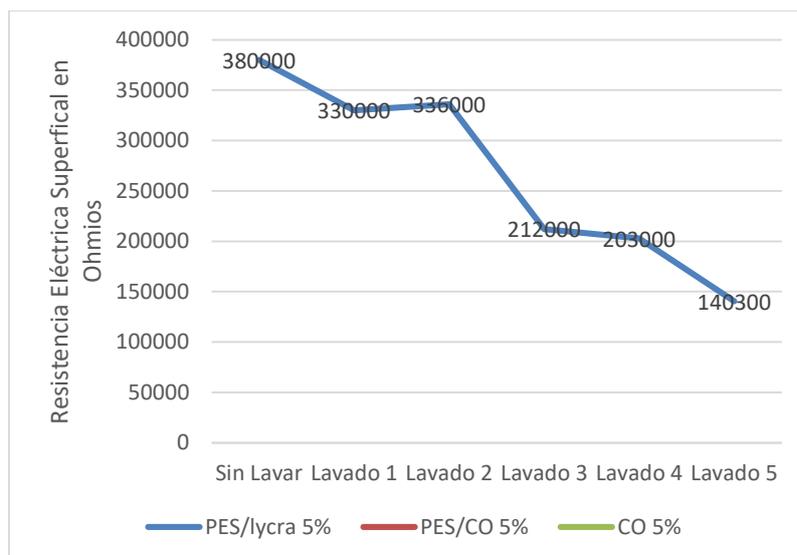


Figura 24. Histograma resistencia eléctrica en poliéster/lycra al 5% - Al lavado

Fuente: (Guacales A, 2019)

Además, en la tabla 25 se indica los resultados obtenidos de las tres composiciones de tejido: algodón 100%, polialgodón 65/35% y poliéster/lycra 90/10% a una concentración del 10 % de grafeno, mismos que al ser analizados en el histograma de la figura 25 se observa que la resistencia eléctrica en el tejido de algodón a cada lavado aumenta en un 84,9% alcanzando una resistencia de 16,05 k Ω en relación al dato obtenido antes de someter el tejido al proceso de lavado, mientras que en el textil de polialgodón disminuye en un 84,9% y en el tejido poliéster/lycra en un 40,7%.

De acuerdo a los histogramas representados en las figuras 24 y 25 se deduce que a medida que el tejido tenga más lavados la propiedad de conductividad aumenta en el caso del polialgodón y poliéster/lycra debido a la disminución de la resistencia eléctrica que indican los histogramas, mientras que en el tejido de algodón disminuye debido a que la resistencia eléctrica aumenta, es decir existe una relación indirectamente proporcional entre la conductividad y resistencia eléctrica.

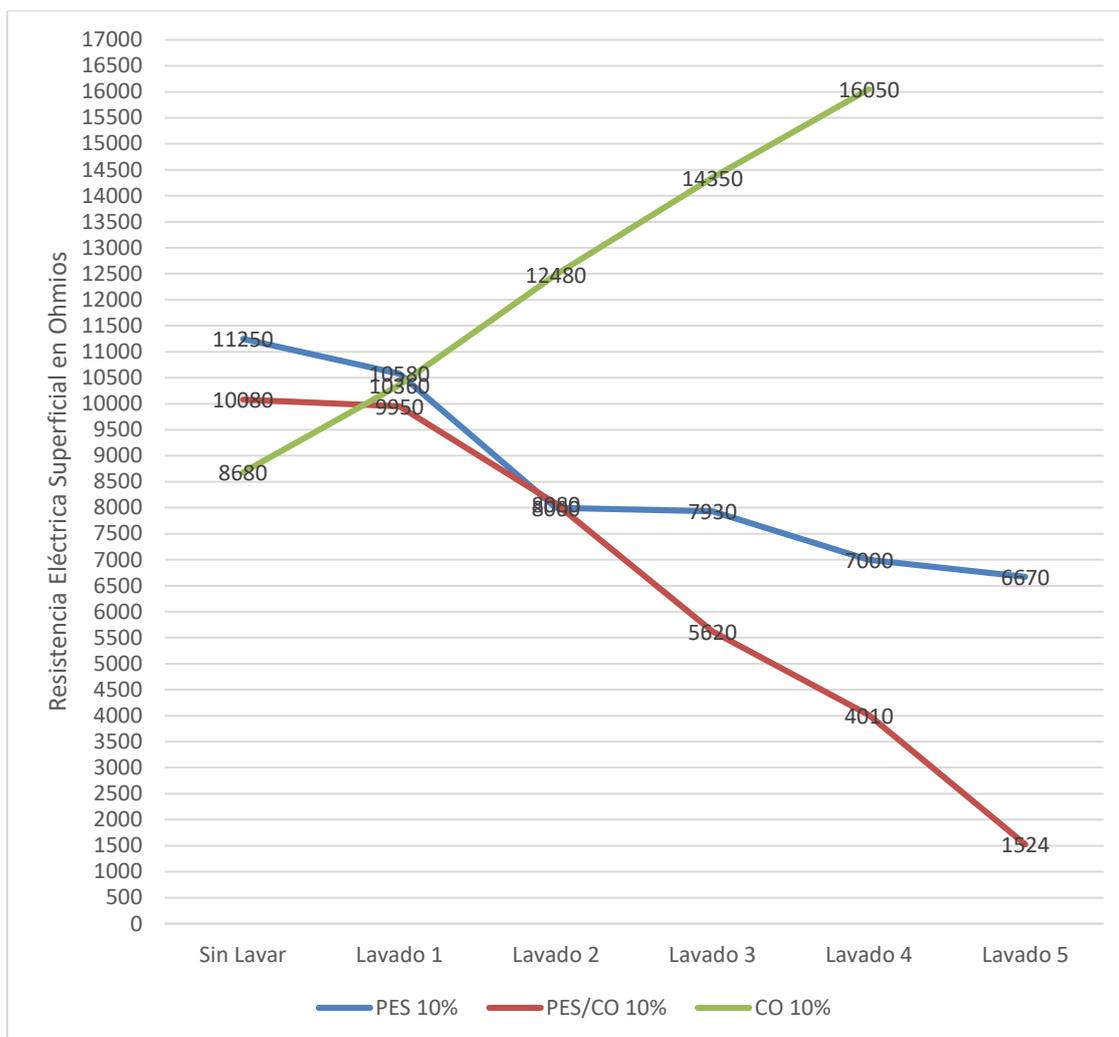


Figura 25. Histograma resistencia eléctrica en muestras al 10% - Al Lavado

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.3. Tabla de Resultados de Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión de los tejidos de punto en sus diferentes composiciones utilizados para la siguiente investigación se realiza mediante la aplicación de la norma ISO 12947-2 (norma adaptada) en donde, luego de aplicar 5 000 ciclos se obtiene un incremento de resistencia eléctrica superficial en relación a los ohmios obtenidos antes de realizar el ensayo respectivo, tal como indica la tabla 26 a continuación:

Tabla 26

Resistencia Eléctrica superficial-Resistencia a la abrasión

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN			
PROBETAS		Número de frotos: 5 000	
Nº	Descripción	Resistencia Eléctrica Superficial	
		Input (Ω)	Output (Ω)
1	Algodón 10%	16 050	21 600
2	Poliéster/algodón 10%	1 524	30 300
3	Poliéster/lycra 10%	6 670	21 400
4	Poliéster/lycra 5%	140 300	1 420 000

Fuente: (Guacales A, 2019)

6.3.1. Análisis de Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión de los materiales textiles se enfrenta a muchos factores, iniciando desde la fibra, hilado, propiedades de la tela y de los procesos de acabado. Algunos de estos factores afectan a la superficie del tejido y otros tienen una influencia sobre la estructura interna del mismo. Las características de la fibra en las que constan la composición y finura influyen significativamente en la abrasión de la superficie del tejido, mientras que las características del hilo y de la tela como la densidad lineal están relacionados con la abrasión estructural. (Dharshika Kongahage; Javad Foroughi; Sanjeev Gambhir; Geoffrey M. Spinks; Gordon G. Wallace, 2016).

La resistencia a la abrasión de los tejidos de punto utilizados para la siguiente investigación se realiza mediante la aplicación de la norma ISO 12947-2 (norma adaptada) en donde luego de 5000 ciclos se evalúa que la resistencia eléctrica se incrementa en un 25% en el tejido de algodón, en un 95 % en el textil Pes/Co y en la composición de Pes/lycra se incrementa en un

68% en los tejidos conductores al 10 por ciento de concentración de grafeno, además que el textil muestra una apariencia apreciable al tacto, es decir no muestra desgaste alguno.

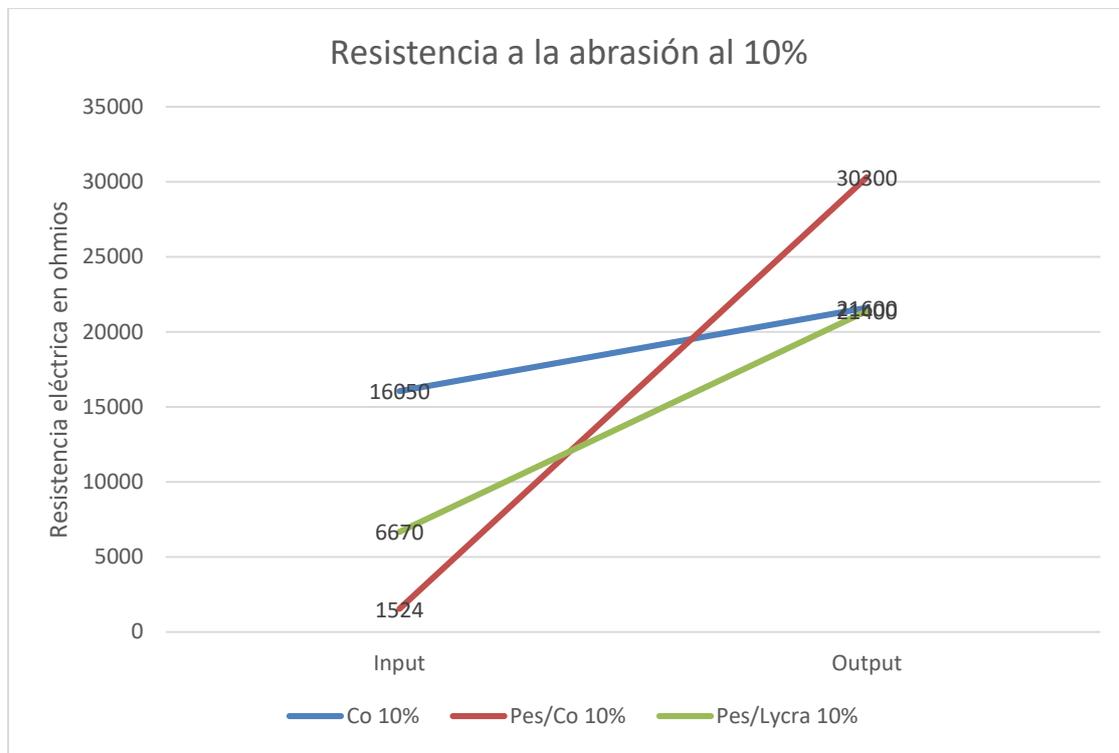


Figura 26. Histograma Resistencia a la abrasión al 10% - Abrasión

Fuente: (Guacales A, 2019)

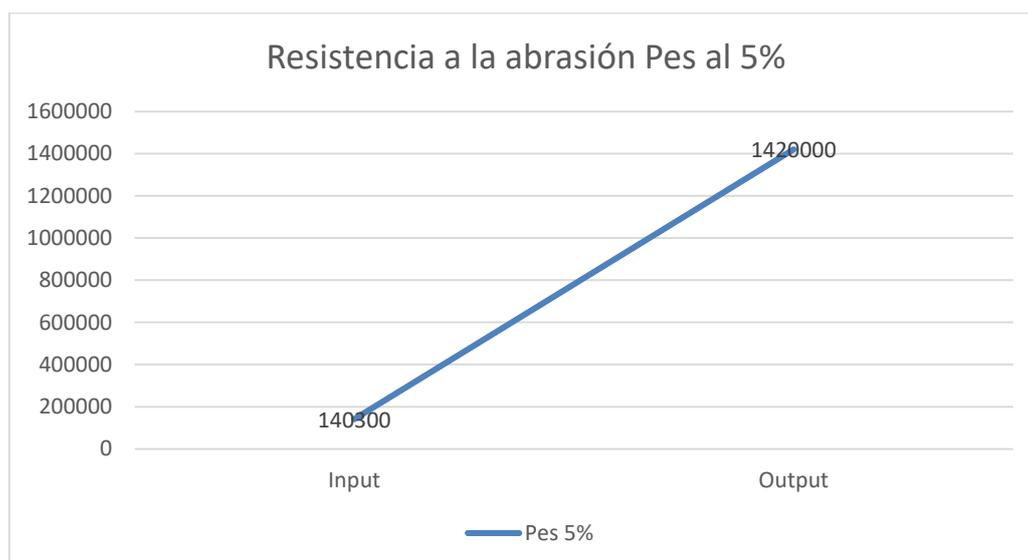


Figura 27. Histograma Resistencia a la abrasión al 5%

Fuente: (Guacales A, 2019)

CAPÍTULO VII

7. COSTOS

7.1. Análisis de Costos

Los costos se analizan en base al apresto utilizado para el estampado o recubrimiento de un metro cuadrado de tejido de punto siendo este de un total de 27,7 gramos, la concentración del grafeno, la composición del tejido de punto siendo parte de los costos directos e indirectos.

7.2. Costo Directos

Son los que guardan una relación estrecha con el producto o servicio y se establecen desde las primeras fases de producción, a continuación, se detalla costos directos de cada tipo de tejido con su respectiva composición de fibra y concentración de grafeno aplicado.

7.2.1. Costos directos de acabado con una concentración al 3%

Tabla 27

Costos Directos Pes/lycra 3% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido PES/lycra	
Concentración	3%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	0,831	10	8,31
Pasta	gramos	26,869	0,01	0,26869
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	1,48	1,48
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				11,98 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tabla 28

Costos Directos Co 3% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido CO	
Concentración	3%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	0,831	10	8,31
Pasta	gramos	26,869	0,01	0,26869
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	2,4	2,4
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				12,90 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tabla 29

Costos Directos Pes/Co 3% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido Pes/Co	
Concentración	3%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	0,831	10	8,31
Pasta	gramos	26,869	0,01	0,26869
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	1,8	1,8
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				12,30 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

7.2.2. Costos directos de acabado con una concentración al 5%

Tabla 30

Costos Directos Pes/lycra al 5% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido Pes/lycra	
Concentración	5%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	1,385	10	13,85
Pasta	gramos	26,315	0,01	0,26315
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	1,48	1,48
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				17,51 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tabla 31

Costos Directos Co al 5% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido CO	
Concentración	5%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	1,385	10	13,85
Pasta	gramos	26,315	0,01	0,26315
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	2,4	2,4
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				18,43 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tabla 32

Costos directos Pes/Co al 5% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido Pes/Co	
Concentración	5%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	1,385	10	13,85
Pasta	gramos	26,315	0,01	0,26315
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	1,8	1,8
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				17,83 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

7.2.3. Costos directos de acabado con una concentración al 10%

Tabla 33

Costos directos Pes/lycra al 10% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido Pes/lycra	
Concentración	10%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	2,77	10	27,7
Pasta	gramos	24,93	0,01	0,2493
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	1,48	1,48
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				31,35 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tabla 34

Costos Directos Co al 10% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido Co	
Concentración	10%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	2,77	10	27,7
Pasta	gramos	24,93	0,01	0,2493
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	2,4	2,4
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				32,27 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

Tabla 35

Costos Directos Pes/Co al 10% de grafeno

Consumo* metro cuadrado	27,7	gramos	Tejido Pes/Co	
Concentración	10%	por metro cuadrado		
Costos directos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Grafeno	gramos	2,77	10	27,7
Pasta	gramos	24,93	0,01	0,2493
Impresión diseño	hoja	1	0,1	0,1
Marco, malla, revelado	1 m2	0,01	36	0,36
Racleta serigrafía	unidad	0,001	10	0,01
Tela Jersey	1 m2	1	1,8	1,8
Sueldo operario	horas	0,003125	394	1,23125
Costo servicios básicos (luz)(consumo 2KW/h	kw/h	2	0,11	0,22
Total costos directos				31,67 USD

Fuente: (Guacales A, 2019)

7.3.Costos indirectos

Son los que se relacionan tangencialmente en el proceso y fases de producción, es decir no influyen directamente con el producto más sin embargo son indispensables para su

obtención. En el acabado realizado en la investigación para todos los tipos de tejidos se ha utilizado los mismos costos indirectos equivalente a un total de 0,26 USD para cada metro cuadrado del tejido conductor detallados en la tabla 36.

Tabla 36

Costos Indirectos para acabado conductor en Tejido de Punto Jersey

Consumo* metro cuadrado	27,7	Gramos	Tejido CO, PES/lycra, Pes/Co	
Concentración	3%, 5%, 10%		por metro cuadrado	
Costos Indirectos	Unidades	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Depreciación plancha térmica (10 años)	horas	8,333E-07	800	0,000666667
Depreciación balanza (10 años)	horas	8,333E-07	1200	0,001
Mantenimiento del equipo		0,00208	100	0,21
Suministros (cinta, vasos, recipientes)	unidades	0,00100	50	0,05
Total costos indirectos				0,26

Fuente: (Guacales A, 2019)

7.4.Costo por metro cuadrado con el acabado

Tabla 37

Costo Total m² de tejido con el acabado conductor

Consumo* metro cuadrado	27,7	Gramos	Tejido CO, PES/lycra, Pes/Co		OBSERVACIONES
Concentración	3%, 5%, 10%		por metro cuadrado		
DETALLE	Gramaje gr/m ²	Costos Directos USD	Costos Indirectos USD	Total USD	
Tejido poliéster/lycra 90/10% al 3%	212,58	11,98	0,26	12,24	No conducen
Tejido algodón 100% al 3%	222,34	12,90	0,26	13,16	
Tejido Pes/Co 65/35% al 3%	183,97	12,30	0,26	12,56	
Tejido poliéster/lycra 90/10% al 5%	212,58	17,51	0,26	17,77	
Tejido algodón 100% al 5%	222,34	18,43	0,26	18,69	
Tejido Pes/Co 65/35% al 5%	183,97	17,83	0,26	18,09	Sí conducen
Tejido poliéster/lycra 90/10% al 10%	212,58	31,35	0,26	31,61	
Tejido algodón 100% al 10%	222,34	32,27	0,26	32,53	
Tejido Pes/Co 65/35% al 10%	183,97	31,67	0,26	31,93	

Fuente: (Guacales A, 2019)

CONCLUSIONES

- El textil que presenta mejor propiedad de conductividad luego de realizar las pruebas y el análisis respectivo es el tejido 100% algodón a una concentración del 10 por ciento de grafeno, según los resultados éste obtiene menor resistencia eléctrica superficial y por ende conduce mejor la corriente debido a la relación inversamente proporcional que estas presentan, véase la tabla 14, *pág. 51*.
- Para un óptimo proceso de estampado o recubrimiento con grafeno se debe realizar bajo los siguientes parámetros: preparación de apresto con una concentración de 10% de grafeno a una temperatura ambiente 22 grados centígrados, el secado en un horno a 105 grados centígrados durante 5 minutos, luego termofijar a 150°C durante 30 segundos, bajo estos parámetros el recubrimiento realizado mantiene las propiedades de conductividad eléctrica sobre las diferentes composiciones del tejido obtenidos en la investigación, véase *pág. 47*.
- De acuerdo a los ensayos de lavado se concluye que el tejido poliéster/algodón retiene más las nanopartículas de grafeno logrando disminuir la resistencia eléctrica en un 84,9% por lo que aumenta la conductividad en comparación a los otros tejidos, siendo el tejido más más recomendable para su uso en tejidos que serán sometidos al proceso de lavado, véase figura 25, *pág. 64*.
- Después de haber sometido las muestras de 10% y 5% a pruebas de resistencia a la abrasión en el equipo martindale se concluye que a mayor número de ciclos realizados mayor es la resistencia eléctrica, es decir existe una relación directamente proporcional debido a que al realizar mayor número de frotos las nanopartículas de grafeno impregnadas en el textil se desprenden por lo que el tejido pierde conductividad y aumenta su resistencia eléctrica superficial siendo más resistente el tejido de algodón a una concentración de 10 % aumentando su resistencia eléctrica en un 25% luego de los

5000 ciclos, posteriormente según la investigación está el tejido de pes/lycra a la misma concentración con un incremento de resistencia eléctrica del 68%, cabe recalcar que el recubrimiento se muestra resistente y conserva una apariencia agradable al tacto y a la vista, véase tabla 26, figura 26, págs.65- 66.

- Entre mayor grafeno se use para el recubrimiento del tejido, mejor será su conductividad y por ende el costo aumentará, siendo el caso del tejido con el recubrimiento a una concentración de grafeno a un 10 por ciento en un tejido 90% Pes y 10% lycra tiene un costo de 31,61 USD/m² valor que representa el 100% del costo total incluido el tejido de punto jersey simple utilizado, los valores mencionados se obtienen mediante los cálculos de costos directos, costos indirectos y otros costos involucrados en esta investigación, tal valor es factible ya que está al alcance de cualquier persona que desee adquirirla, véase tabla 37, pág. 72

RECOMENDACIONES

- Para realizar el recubrimiento a un textil con el fin de obtener un tejido conductor de electricidad por el método de estampación se recomienda aplicar una concentración al 10% de grafeno sobre un textil poliéster 100% en el que al realizar las mediciones respectivas de resistencia superficial eléctrica y conductividad se obtenga datos más reales y eficaces dignos de ser sometidos a los procesos de evaluación y aplicación en los diferentes componentes electrónicos que se incorporan en los textiles inteligentes, los mismos que no alteren la naturaleza de la prenda, mantengan su flexibilidad y brinden confort a los usuarios tal como los resultados obtenidos en el tejido pes/lycra 90/10%.
- Además, se requiere usar los equipos debidamente calibrados para la realización de los ensayos tal como el medidor de puente para medición de la resistencia eléctrica como el multímetro para las pruebas de medición de entrada y salida de voltaje alimentado al tejido conductor obtenido.
- Existen factores externos que influyen en la reproducibilidad del tejido conductor como la presión, la homogeneidad y uniformidad del estampado sobre el textil por lo que se recomienda que para el desarrollo de investigaciones posteriores realizar las mediciones pertinentes de resistencia eléctrica superficial y conductividad para evitar daños en componentes electrónicos a utilizar en los diferentes textiles inteligentes.
- Se recomienda realizar más investigaciones de obtención del tejido conductor partiendo de la concentración del 10% de grafeno, en donde no solamente se use agua para su maleabilidad sino se puede usar otros líquidos que ayuden al proceso de estampado.
- No usar mayor cantidad de agua en las concentraciones al 10% debido a que esto puede separar las nanopartículas y por ende el textil no presentaría propiedades de conductividad, más sin embargo el tejido puede ser sometido a diferentes pruebas a las

que puede ser aplicado debido a que el grafeno cuenta con diversas y aprovechables propiedades para diferentes usos en los diferentes campos.

- El recubrimiento o estampado de toda el área del tejido requiere de la cantidad de 27,7 gramos de apresto incluido el desperdicio por lo que se recomienda no estampar toda el área del textil sino mediante el uso de un bastidor revelar únicamente el circuito que se requiere para la instalación de componentes electrónicos en la prenda para que de cierto modo se evite el uso de cables y costuras brindando confort al usuario y reducir costos en su fabricación.

-

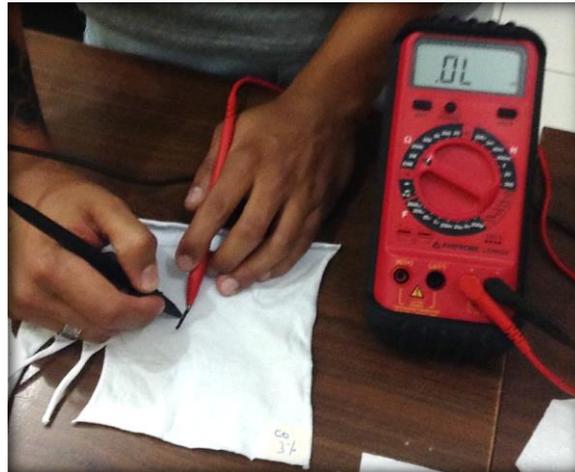
BIBLIOGRAFÍA

- Bosch, X. (S.F). Acabados Textiles. En X. Bosch, *Procesos Textiles* (pág. 19). Gremi de Tintorers i Bugaders I Núm. 483. Obtenido de https://www.tintoreriaindustrial.com/download/documentaci%C3%B3n/acabados_textiles/ACABADOS%20TEXTILES%20I.pdf
- Alcoser, J. (2017). Desarrollo de un wearable de monitoreo y detención de anomalías en la señal cardíaca a través de la comparación de una señal ecg y la utilización de tecnología bluetooth y plataformas de software y hardware libre para el cuidado de la salud cardiovascular. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Angstrom Materials. (2016). *Angstrom Materials a Division of global Graphene Group*. Obtenido de Angstrom Materials a Division of global Graphene Group: <https://angstrommaterials.com/shop/n008-p-40-polar-graphene-powder/>
- Arboledas, D. B. (2014). *Electricidad Básica*. España: RA-MA, S. A. .
- Borrell, A. T., & Salvador, D. M. (2015). *Materiales de Carbono: Del Grafito al Grafeno*. Barcelona, España: Reverté; Universidad Politécnica de Valencia.
- Cabanes, A. S. (30 de diciembre de 2015). Tecnología Textil. *Microencapsulados en la Industria Textil*. España.
- Cabrera, J. I. (27 de 09 de 2017). *NOOBOT, Tecnología para las personas*. Obtenido de NOOBOT, Tecnología para las personas: <https://www.nobbot.com/pantallas/que-hay-del-grafeno/>
- Chamba, E. (marzo de 2017). Evolución de los Textiles Ingelidentes de Segunda Generación o Activos. *Evolución de los Textiles Ingelidentes de Segunda Generación o Activos*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Cornejo, L. (06 de abril de 2015). *Nuevas Tecnologías y Materiales*. Obtenido de Nanotecnología: <http://nuevastecnologiasymateriales.com/grafeno/>
- Cotton Incorporated. (2003). *Estampado Textil*. Estados Unidos: Cotton Incorporated. Obtenido de Cotton Incorporated.
- Dharshika Kongahage; Javad Foroughi; Sanjeev Gambhir; Geoffrey M. Spinks; Gordon G. Wallace. (2016). *Fabrication of a graphene coated nonwoven textile for industrial applications*. Australia: University of Wollongong.
- Donald, F. (1981). *Manual Práctico de electricidad para ingenieros*.
- Dr. Bohme Chemie and Service. (29 de Noviembre de 2018). *Apresto CW*. Quito: Aprestos y resinas Cia. Ltda.

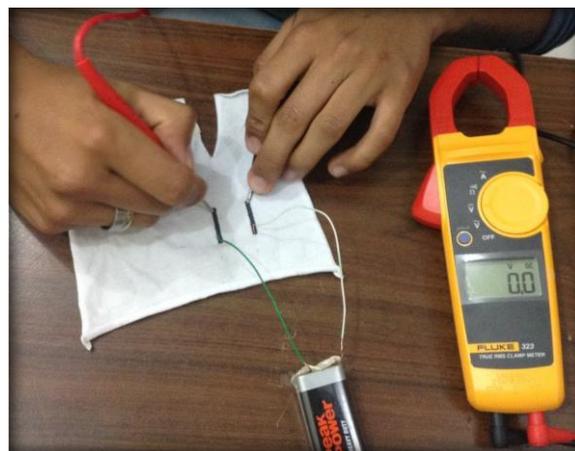
- EcuRed. (16 de Marzo de 2011). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed:
<https://www.ecured.cu/index.php?title=Grafeno&action=history>
- EduGuse Asociados S.A. (s.f). *Germex: Pinturas y recubrimientos*. Obtenido de
<http://www.pinturasgermex.com/vinilicas.html>
- Fibras Naturales. (2009). *Fibras Naturales*. Obtenido de Fibras Naturales:
<http://www.naturalfibres2009.org/es/fibras/lana.html>
- Galindez, F. E. (2017). Conceptos Básicos - Métodos Experimentales Técnica de Van de Pauw. *Resistividad eléctrica: Métodos de Medición*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- Gallegos, A. M. (2016). Estampado en Textiles Naturales en el Ecuador. *Estampado en Textiles Naturales en el Ecuador*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Gustavo López Téllez, Raúl Alberto Morales Luckie, Oscar Fernando Olea Mejía, Víctor Sánchez Mendieta, Jéssica Trujillo Reyes, Víctor Varela Guerrero, Alfredo Rafael Vilchis Néstor. (2013). *Nanoestructuras Metálicas*. México: Reverté.
- Horacio J. Salavagione, Marian A. Gómez-Fatou, Peter S. Shuttleworth, Gary J. Ellis. (2018). *New Perspectives on Graphene/Polymer Fibers and Fabrics for Smart Textiles: The Relevance of the Polymer/Graphene Interphase*. Spain: University of Alicante.
- Horrocks, A., & Anand, S. (2000). *Handbook of technical textile*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC.
- Koncar, V. (2016). Introducción a los textiles inteligentes y sus aplicaciones . *Textiles Inteligentes y sus Aplicaciones* . Francia: Elsevier.
- Lavado, F. E. (2012). *IV. Tejeduría - La Industria Textil y su Control de Calidad*.
- Lavado, F. E. (2012). *VI. Ennoblecimiento Textil - La Industria Textil y su Control de Calidad*.
- Lavado, F. E. (2013). *II. La Industria Textil y su control de calidad - Fibras Textiles*.
- Lima, L. T. (2017). Elaboración de un Tejido Conductor para la Fabricación de un Textil Inteligente. *Elaboración de un Tejido Conductor para la Fabricación de un Textil Inteligente*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Llamas, M. I. (25 de febrero de 2015). Comportamiento elástico y morfológico de composites de grafeno/polipropileno. *Tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con Especialidad en Materiales*. Monterrey, Nueva León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Mejía, F. A. (enero de 2015). *Programa de Textilización - Ciencias Textiles*. Obtenido de Programa de Textilización - Ciencias Textiles:
<https://programadetextilizacion.blogspot.com/search/label/Cap%C3%ADtulo%2005%20-%20Fibras%20manufacturadas%20qu%C3%ADmicas>
- Menéndez, R., & Blanco, C. (2012). El Grafeno. En R. Menéndez, & C. Blanco, *El Grafeno*.
- Mueller, M. (28 de abril de 2013). *Oro y Finanzas* . Obtenido de Oro y Finanzas:
<https://www.oroymasfinanzas.com/2013/04/grafeno-substituir-silicio-electronica/>
- Muñoz, E. O. (Diciembre de 2011). Grafeno: el material más fuerte del mundo. *Grafeno: el material más fuerte del mundo*. España.
- Pons, J. P. (1956). *Los Telares Circulares de Gran Diámetro*. Barcelona : BOSCH, Casa Editorial.
- Puente, M. (2017). Acabados textiles. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Química Suiza Industrial del Ecuador-Quifatex. (2018). *Applicryl VAT-40 Ligante*. Quito: Quifatex.
- Reverté S.A, Fowler R. (1994). *Electricidad principios y aplicaciones*.
- Rodríguez, C. G., & Vasilievna, O. K. (Marzo de 2008). Propiedades y Aplicaciones del Grafeno. Monterrey, Nueva León, México: Universidad Autónoma de Nueva León.
- Sanahuano, R. (19 de noviembre de 2013). *CrearEmpresa.net*. Obtenido de CrearEmpresa.net: <https://comocrearmiempresa.net/de-que-se-compone-la-pasta-madre-en-serigrafia/>
- Sánchez, J. R. (16 de diciembre de 2007). Los Tejidos Inteligentes y el Desarrollo Tecnológico de la Industria Textil. *Los Tejidos Inteligentes y el Desarrollo Tecnológico de la Industria Textil*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.
- Sintes, I. R. (1968). *Tisaje, Tintura y Acabado de los Géneros de Punto*. Barcelona: BOSCH.
- Sophimania, R. (15 de octubre de 2012). *Sophimania*. Obtenido de Las pantallas flexibles que se vienen gracias al alucinante grafeno: <http://www.sophimania.pe/tecnologia/redes-sociales/las-pantallas-flexibles-que-se-vienen-gracias-al-alucinante-grafeno/>
- Spandex, P. d. (19 de julio de 2017). *Guía Textil del Ecuador*. Obtenido de Guía Textil del Ecuador: <https://textilesecuador.com/proceso-de-elaboracion-tela-de-tejido-de-punto-strech-con-spandex/>
- Technische Chemie S.A.C. (2005). *Acabados Textiles*.
- Wulfhorst, B. (2001). *Processi di lavorazione dei prodotti tessili (Procesos de desarrollo de productos textiles)*. Milano: Tecni che nuove.

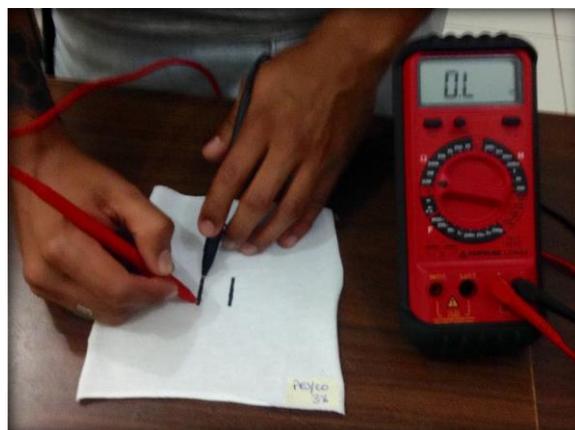
ANEXOS



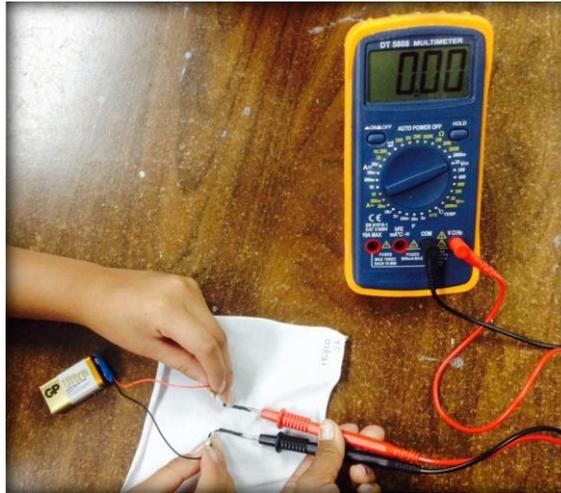
Anexos 1. Medición de resistencia eléctrica superficial en 100% CO al 3%
Fuente: (Guacales A, 2019)



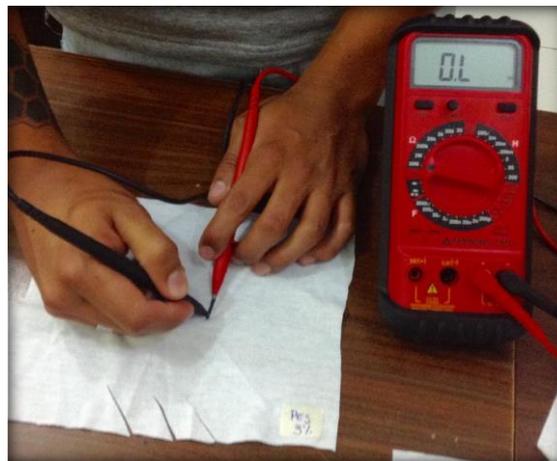
Anexos 2. Medición de voltaje de salida en 100% CO al 3% igual a cero
Fuente: (Guacales A, 2019)



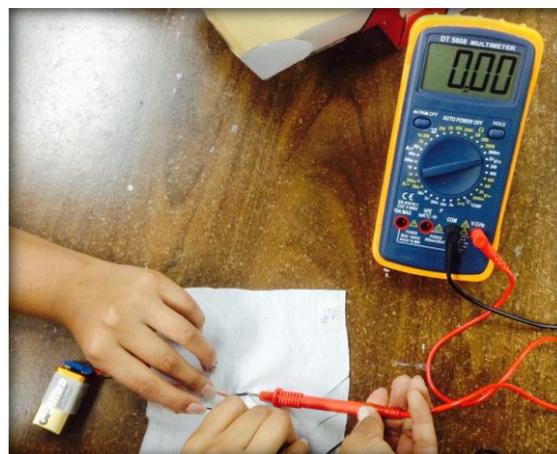
Anexos 3. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 3%
Fuente: (Guacales A, 2019)



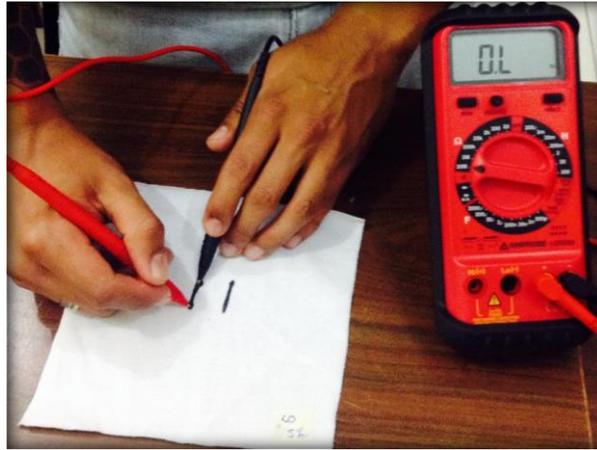
Anexos 4. *Medición de voltaje de salida en PES/CO al 3% igual a cero*
Fuente: (Guacales A, 2019)



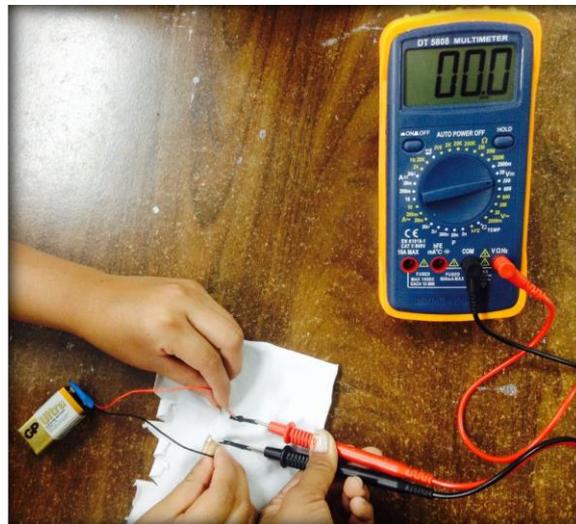
Anexos 5. *Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 3%*
Fuente: (Guacales A, 2019)



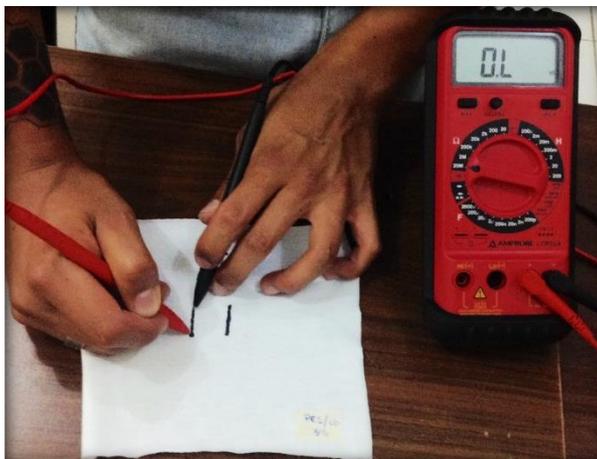
Anexos 6. *Medición de voltaje de salida en PES al 3% igual a cero*
Fuente: (Guacales A, 2019)



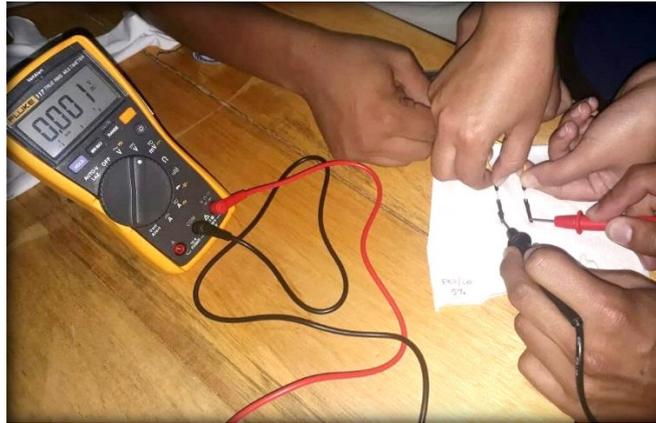
Anexos 7. *Medición de resistencia eléctrica superficial en CO 5%*
Fuente: (Guacales A, 2019)



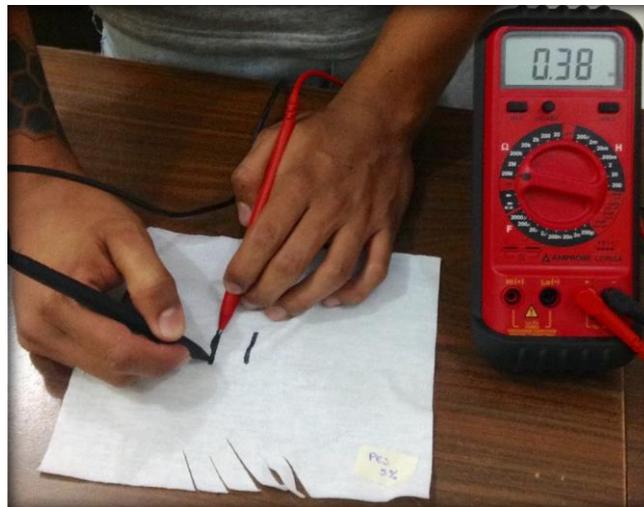
Anexos 8. *Medición de voltaje de salida en CO al 5% igual a cero.*
Fuente: (Guacales A, 2019)



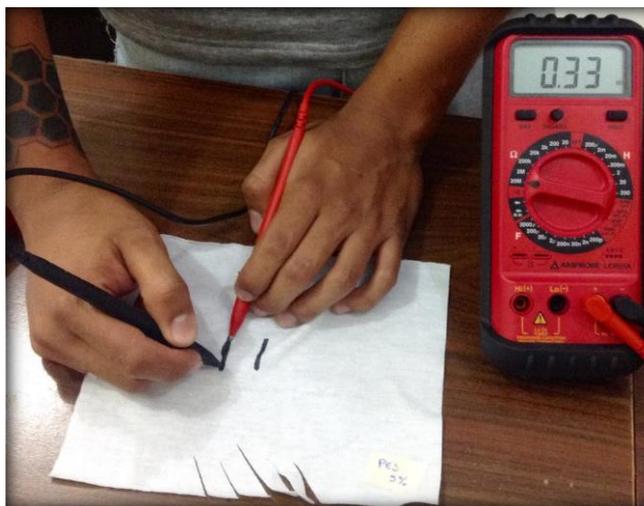
Anexos 9. *Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 5%*
Fuente: (Guacales A, 2019)



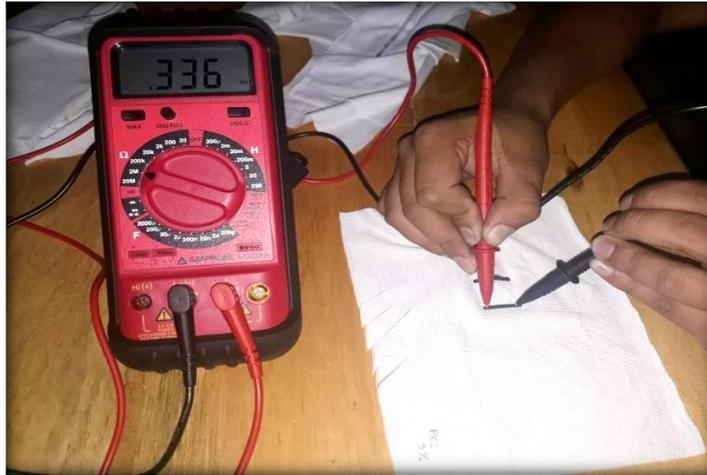
Anexos 10. Medición de voltaje de salida en PES/CO al 5% igual a cero.
Fuente: (Guacales A, 2019)



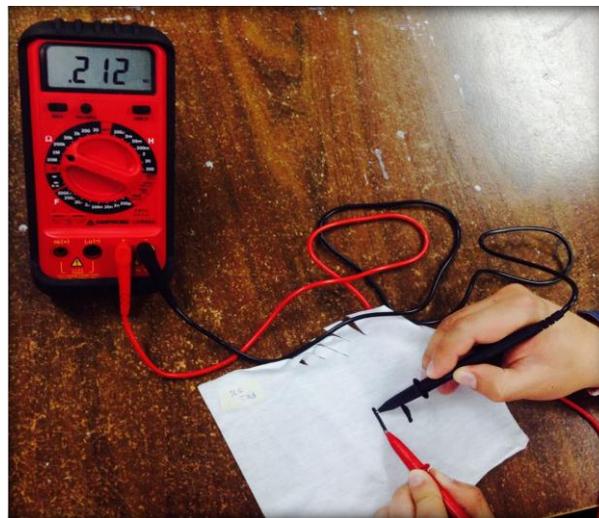
Anexos 11. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Sin lavar
Fuente: (Guacales A, 2019)



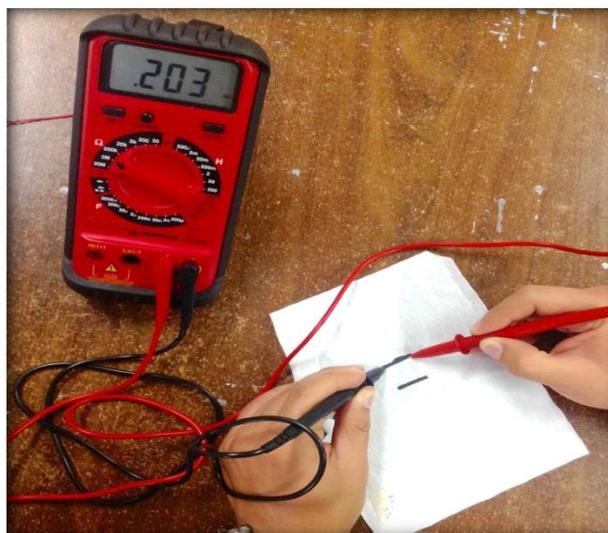
Anexos 12. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 1
Fuente: (Guacales A, 2019)



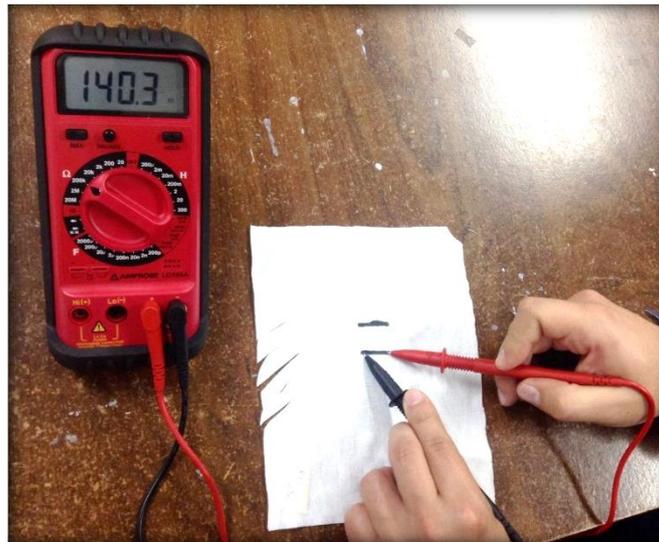
Anexos 13. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 2
Fuente: (Guacales A, 2019)



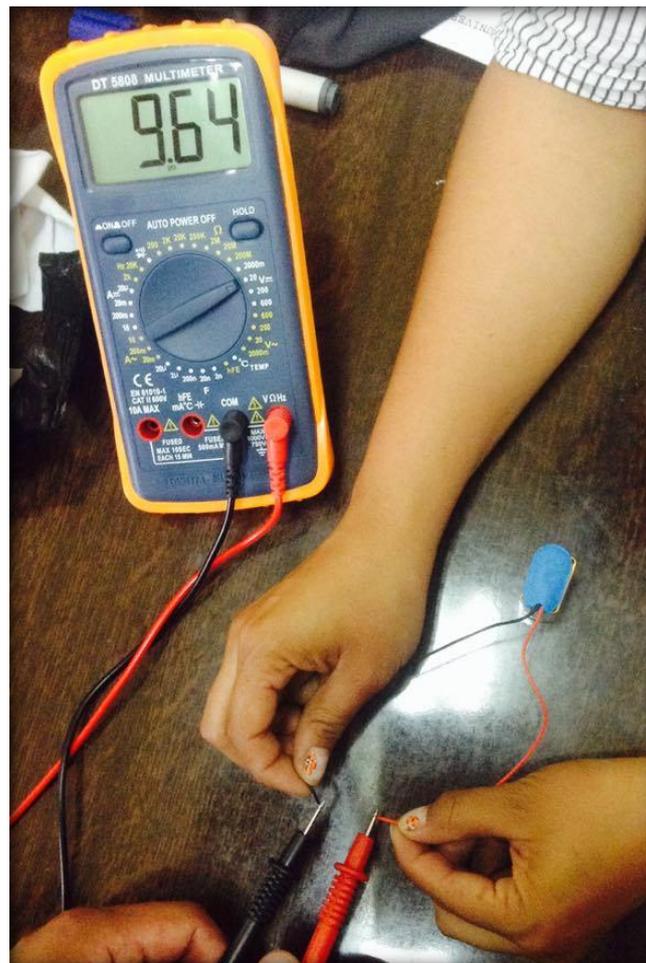
Anexos 14. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 3
Fuente: (Guacales A, 2019)



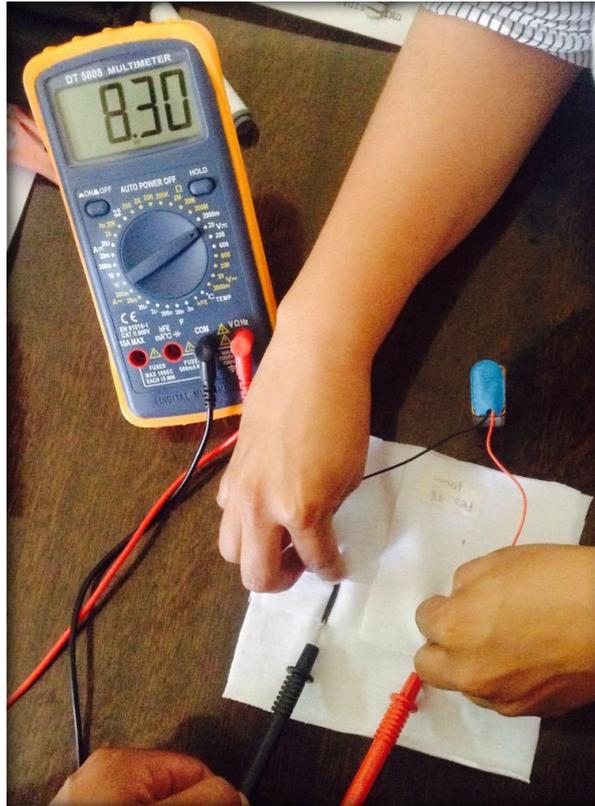
Anexos 15. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 4
Fuente: (Guacales A, 2019)



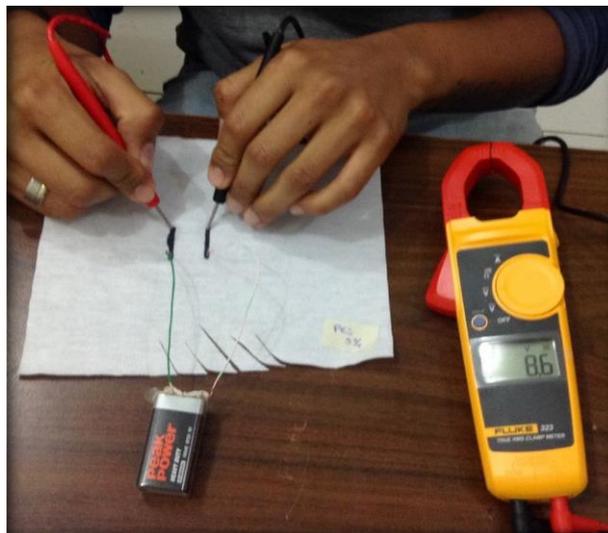
Anexos 16. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 5% - Lavado 5
Fuente: (Guacales A, 2019)



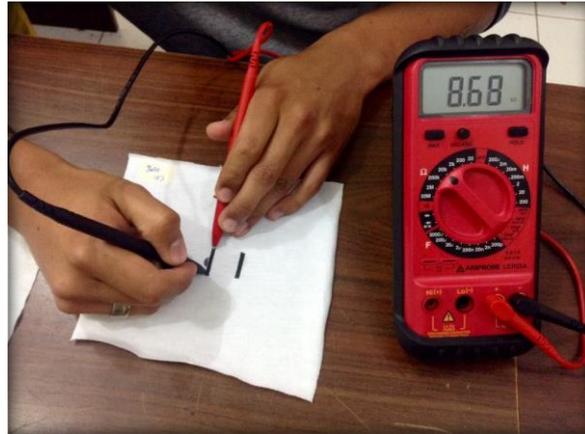
Anexos 17. Voltaje de batería de entrada para pruebas
Fuente: (Guacales A, 2019)



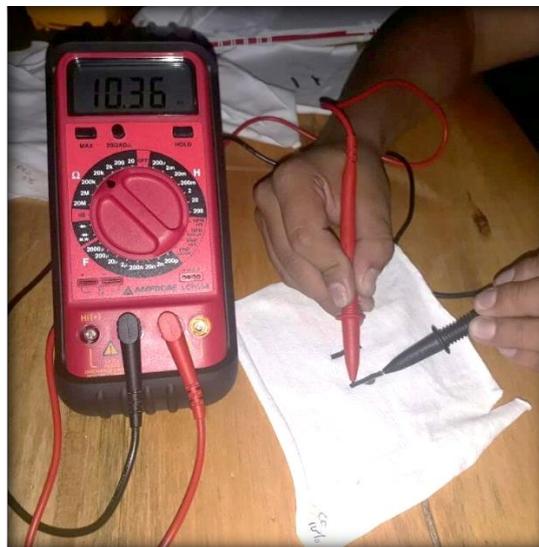
Anexos 18. Medición de voltaje de salida en PES al 5% antes de lavar
Fuente: (Guacales A, 2019)



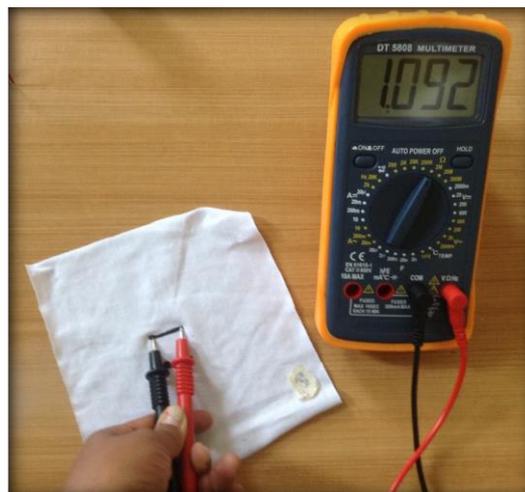
Anexos 19. Medición de voltaje de salida en PES al 5% luego del 5 lavado
Fuente: (Guacales A, 2019)



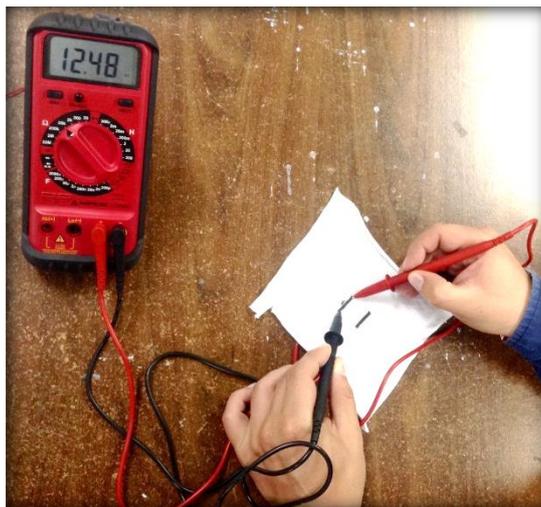
Anexos 20. Medición de resistencia eléctrica superficial en CO al 10% - Sin lavar
Fuente: (Guacales A, 2019)



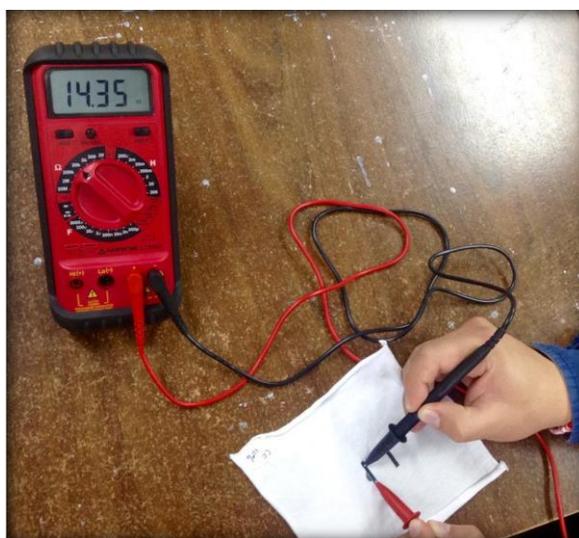
Anexos 21. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado1
Fuente: (Guacales A, 2019)



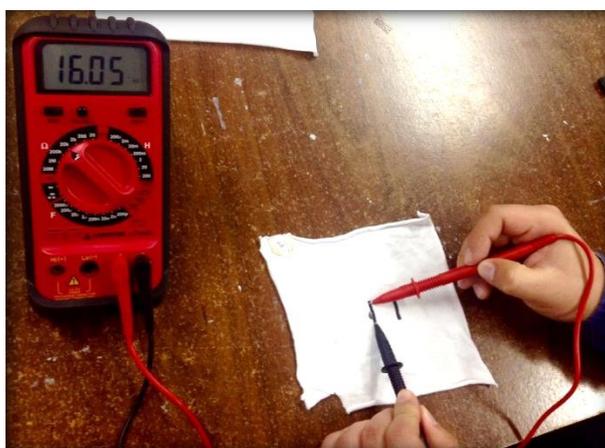
Anexos 22. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 2
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 23. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 3
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 24. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 4
Fuente: (Guacales A, 2019)



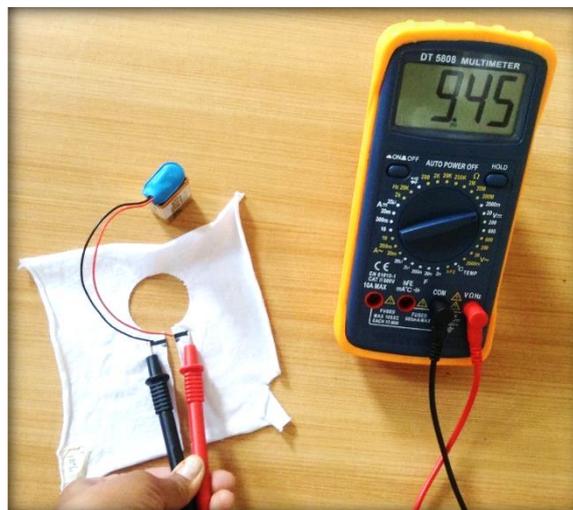
Anexos 25. Medición de resistencia eléctrica superficial en Co al 10% - Lavado 5
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 26. Medición de voltaje de salida en CO al 10% sin lavar
Fuente: (Guacales A, 2019)



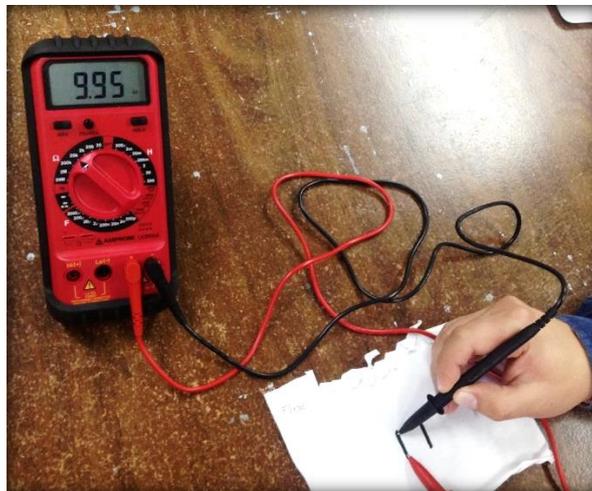
Anexos 27. Voltaje de batería de entrada para pruebas al 5 lavado
Fuente: (Guacales A, 2019)



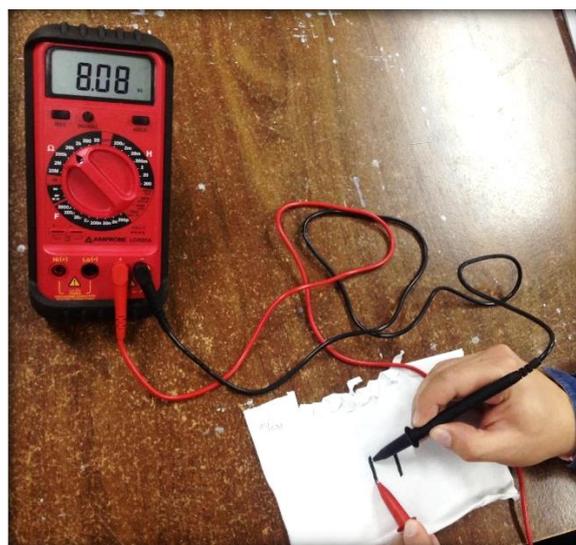
Anexos 28. Medición de voltaje de salida en CO al 10% luego del lavado 5
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 29. *Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Sin lavar*
Fuente: (Guacales A, 2019)



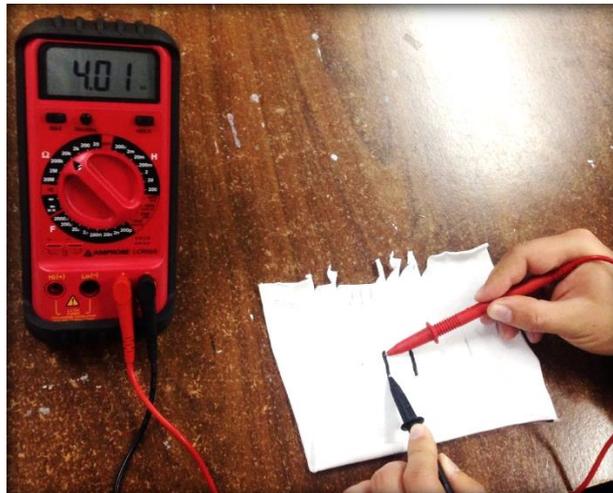
Anexos 30. *Medición de resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 1*
Fuente: (Guacales A, 2019)



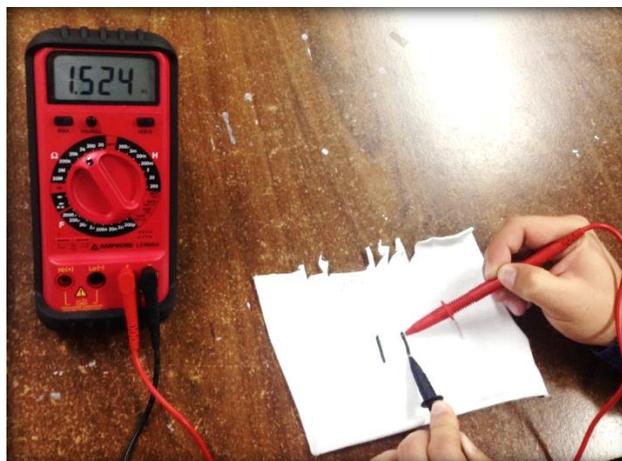
Anexos 31. *Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 2*
Fuente: (Guacales A, 2019)



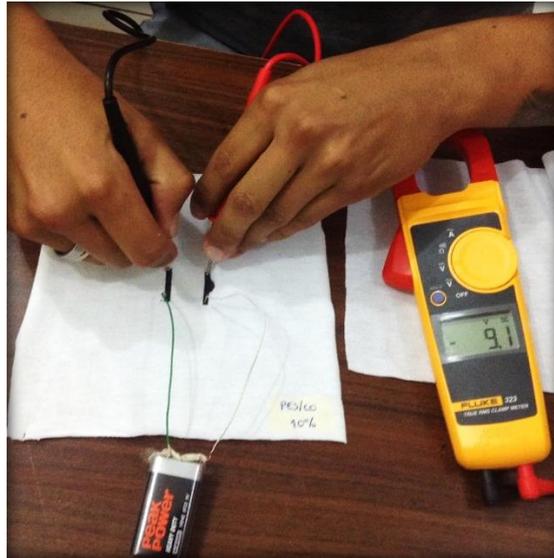
Anexos 32. Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 3
Fuente: (Guacales A, 2019)



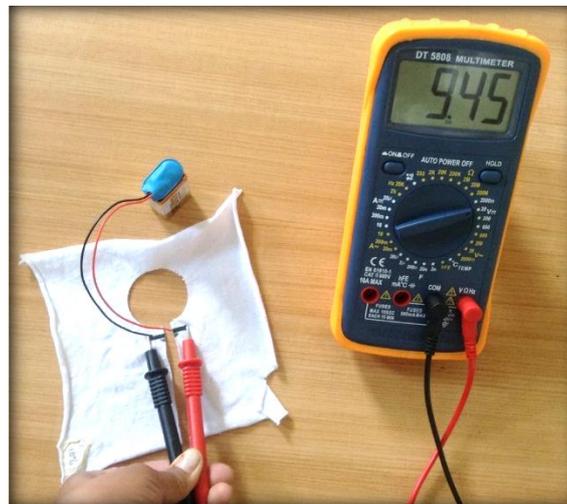
Anexos 33. Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 4
Fuente: (Guacales A, 2019)



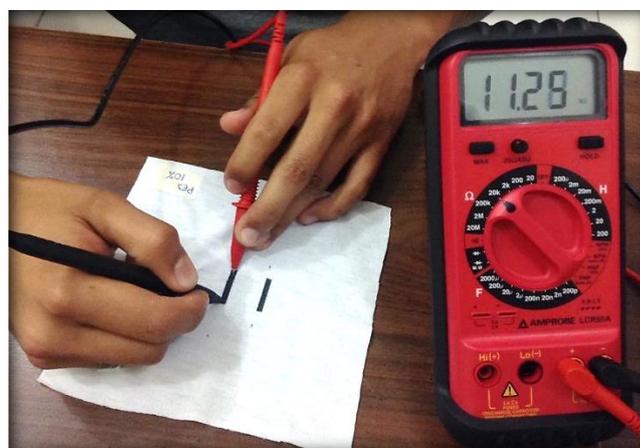
Anexos 34. Medición resistencia eléctrica superficial en PES/CO al 10% - Lavado 5
Fuente: (Guacales A, 2019)



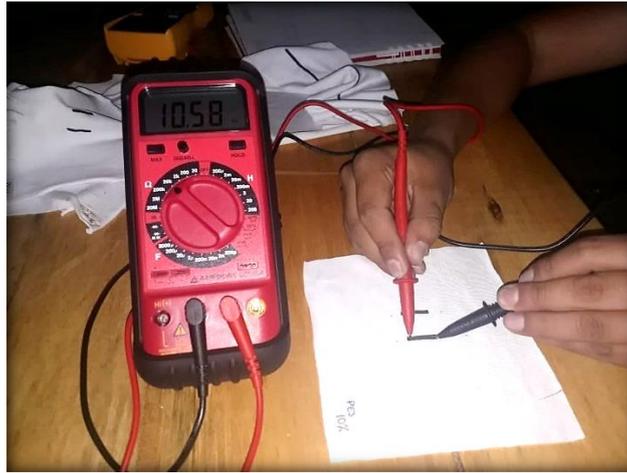
Anexos 35. Medición de voltaje de salida en PES/CO al 10%. - Sin lavar
Fuente: (Guacales A, 2019)



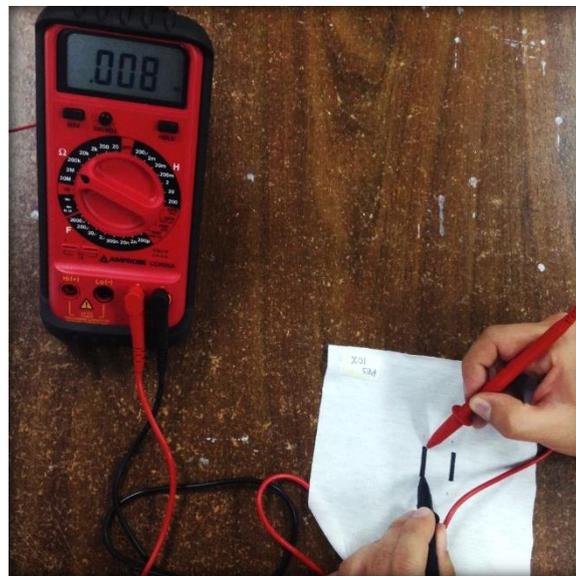
Anexos 36. Medición de voltaje de salida en PES/CO al 10%. - Lavado 5
Fuente: (Guacales A, 2019)



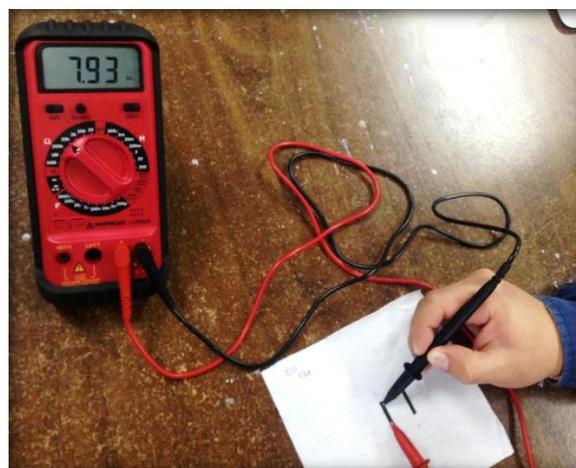
Anexos 37. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Sin lavar
Fuente: (Guacales A, 2019)



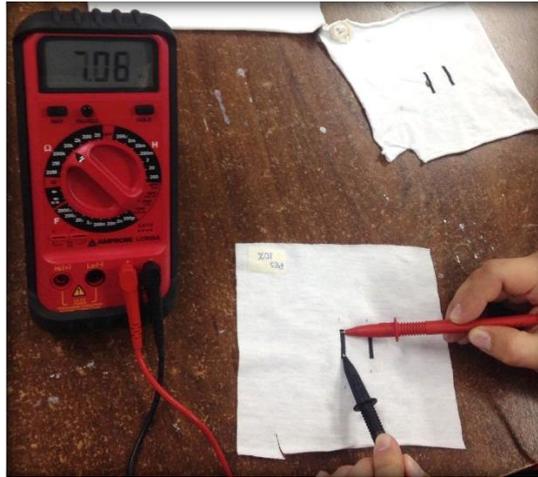
Anexos 38. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 1
Fuente: (Guacales A, 2019)



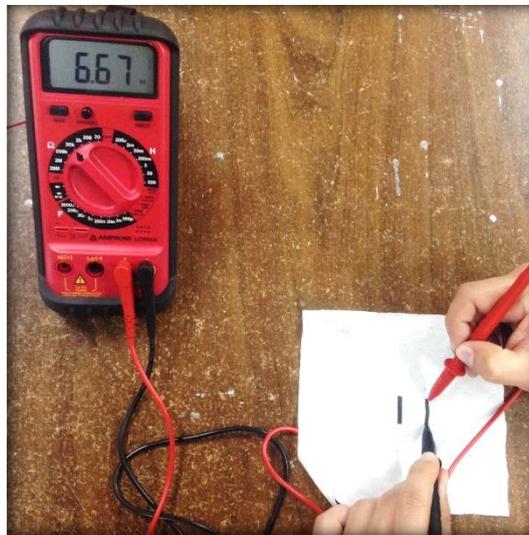
Anexos 39. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 2
Fuente: (Guacales A, 2019)



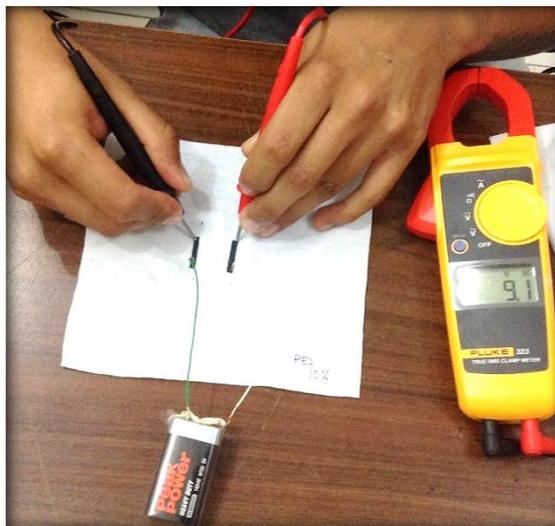
Anexos 40. Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 3
Fuente: (Guacales A, 2019)



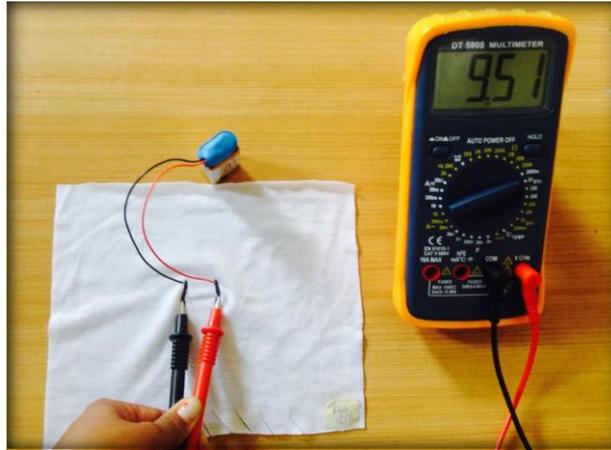
Anexos 41. *Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 4*
Fuente: (Guacales A, 2019)



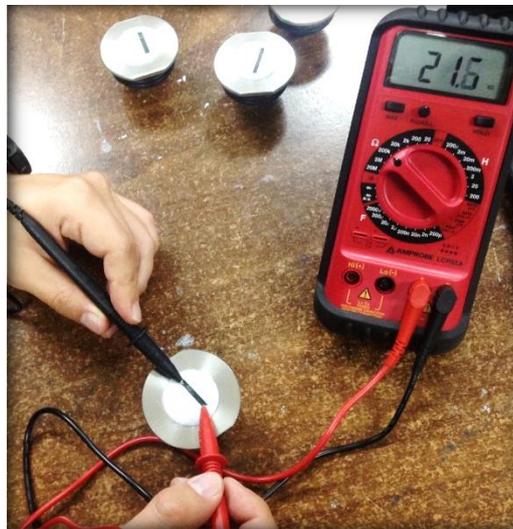
Anexos 42. *Medición de resistencia eléctrica superficial en PES al 10% - Lavado 5*
Fuente: (Guacales A, 2019)



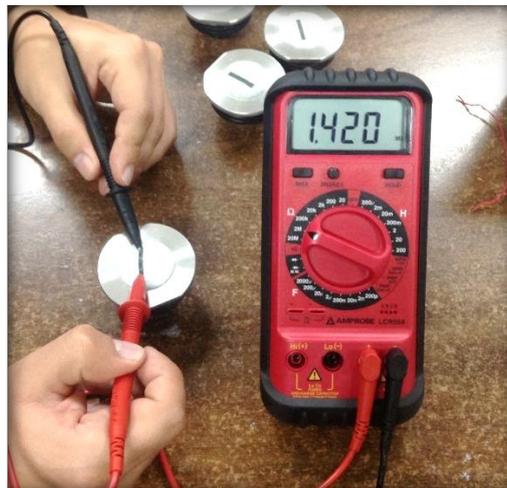
Anexos 43. *Medición de voltaje de salida en PES al 10%. - Sin lavar*
Fuente: (Guacales A, 2019)



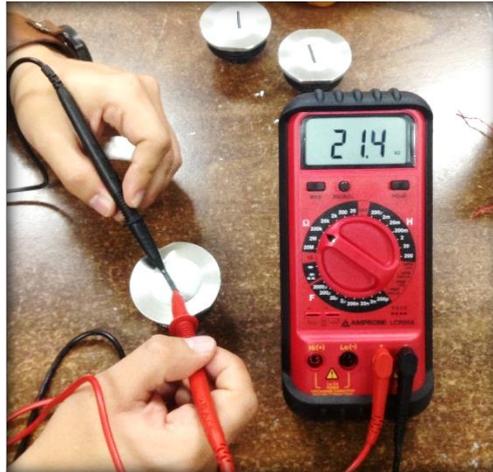
Anexos 44. *Medición de voltaje de salida PES al 10% - Lavado 5*
Fuente: (Guacales A, 2019)



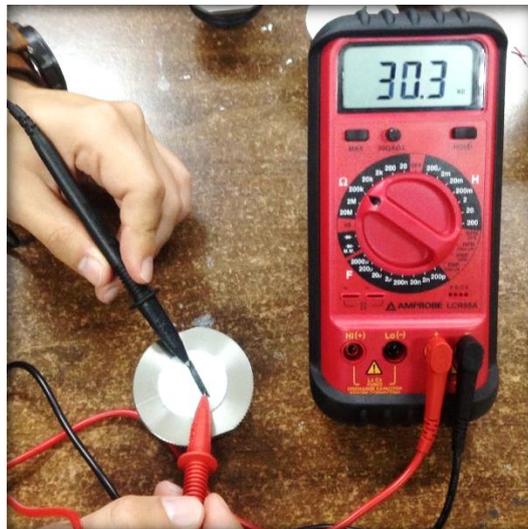
Anexos 45. *Resistencia Eléctrica Superficial Co 10% -5000 frotos*
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 46. *Resistencia Eléctrica Superficial Pes 5% -5000 frotos*
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 47. Resistencia Eléctrica Superficial Pes 10% -5000 frotos
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 48. Resistencia Eléctrica Superficial Pes/Co 10% - 5000 frotos
Fuente: (Guacales A, 2019)



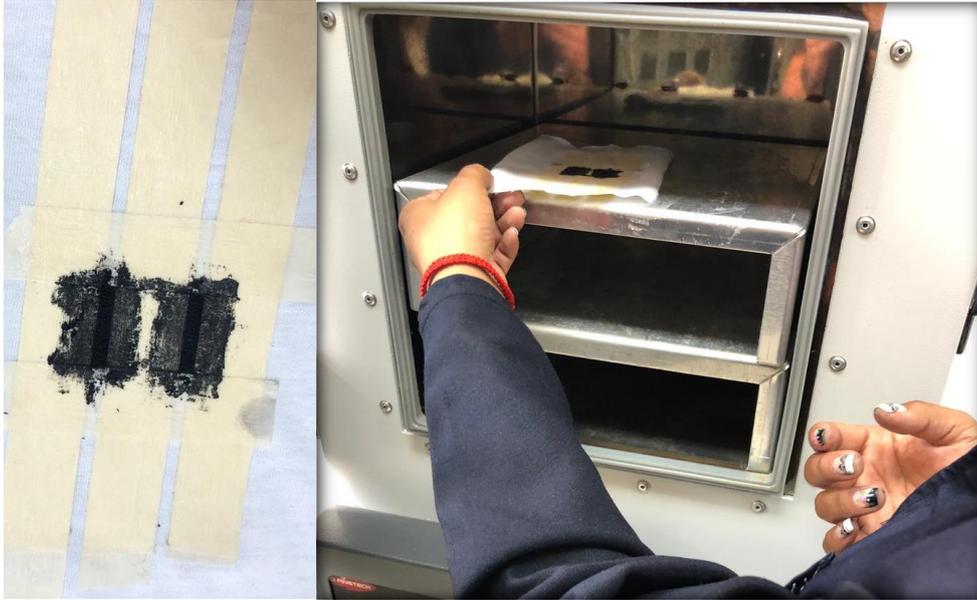
Anexos 49. Tensionado de malla para bastidor de estampado
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 50. Preparación de la pasta de estampado conductor
Fuente: (Guacales A, 2019)

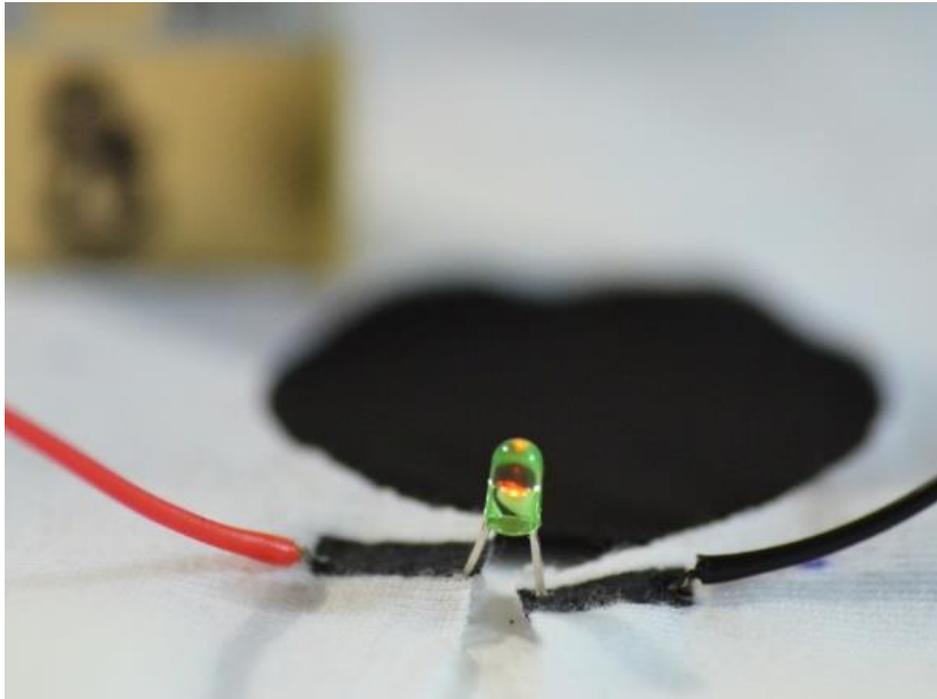


Anexos 51. Preparación del tejido jersey para estampar
Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 52. Estampado y secado de tejido estampado con grafeno

Fuente: (Guacales A, 2019)



Anexos 53. Pruebas de Conductividad

Fuente: (Guacales A, 2019)